

Geschichte der Erde.



Eine Geologie

auf

neuer Grundlage

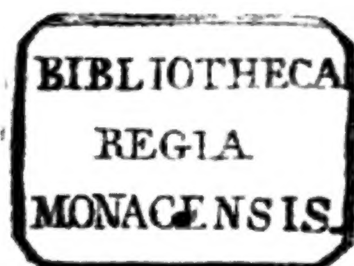
von

Friedrich Mohr.

Bonn,

Verlag von Max Cohen & Sohn.

1866.


BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Vorwort.

Die vorliegende Geschichte der Erde dürfte in Anordnung und Inhalt wesentlich von allen bisher erschienenen Geologieen abweichen. Die neue Grundlage, welche sie in Anspruch nimmt, besteht im Verlassen der Autoritäten und des daran hängenden Köhlerglaubens und im Zurückgehen auf die Natur selbst und die feststehenden Lehren der Physik und Chemie. Es soll damit nicht gesagt sein, dass nicht auch Andere schon Physik und Chemie zur Erklärung natürlicher Vorgänge herangezogen hätten; vielmehr hatte man zu der eigentlichen Chemie noch eine geologische geschaffen, worin den Stoffen ganz andere Eigenschaften, wie in der gemeinen Chemie, beigelegt wurden In der geologischen Chemie liess man feuerbeständige Stoffe sich verflüchtigen, aus zähflüssigen dicklichen Geschmelzen klare durchsichtige Krystalle entstehen; man liess Oxyde sich von ihren Säuren durch das blose Erkalten ausscheiden, kohlensaure und kieselsaure Verbindungen ohne Zersetzung einschmelzen und dergleichen mehr, wovon man in der gemeinen Chemie nichts wusste. Ebenso liess man in einer besonderen geologischen Physik den Dampf mit einer zehnmal so grossen Kraft wirken, als er nach den Versuchen hatte, man liess specifisch schwerere Körper in den leichteren schwimmen; man liess schmelzflüssige Stoffe in gangartigen Hohlräumen erstarren, ohne dass sie sich zusammenzogen u. a m. Es kam bei der Anwendung der exacten Wissenschaften darauf an, alle diese unnatürlichen Auswüchse wieder abzuschneiden. Dadurch komme ich allerdings in Widerspruch mit allen Lehrern der gangbaren Geologie ohne

Ausnahme, und muss mich auf einen ähnlichen Kampf im Grossen gefasst halten, als ich ihn im Kleinen schon erfahren habe. Das einzige mir bekannte Werk, mit dem ich fast ganz übereinstimme, ist die Isis von Radenhausen, welche im 4. Bande auf 160 Seiten die Hauptgrundzüge der Heranbildung der Welt mit einer Klarheit und Unabhängigkeit darstellt, die meine höchste Bewunderung erregt hat. Es dient mir zur grossen Beruhigung, dass ein mit umfassenden Kenntnissen ausgerüsteter Mann durch blose Anschauung zu ganz ähnlichen Resultaten gekommen ist, als ich durch die experimentale Verfolgung desselben Gegenstandes auf einem andern Wege.

Die blose Abweichung meiner Ansicht von jener der Mehrheit und der berühmtesten Lehrer der Geologie allein konnte mich nicht veranlassen meine Ansicht aufzugeben, wenn dieselbe auf sichern Thatsachen und auf der Nöthigung logischer Schlüsse beruhte. Wenn aber die Thatsachen selbst neu sind und den bisherigen Wortführern in der Wissenschaft unbekannt waren, oder wenn sie von diesen nicht beachtet oder nach meinem Dafürhalten falsch erklärt wurden, so lag um so weniger Grund vor, den Kampf von vornherein aufzugeben. Keine grosse Veränderung in einer Wissenschaft ist ohne einen solchen Kampf ins Leben getreten. Die Sturm- und Drang-Periode der Geologie wird, wie in der Dichtung, auf Beseitigung jeder Autorität und auf das Zurückgehen auf die ewigen und unveränderlichen Gesetze der Natur begründet. Während sie sich dem Gesetze des Denkens beugt und zur Besprechung der Thatsachen auffordert, und jedem willig auf dies Gebiet folgt, weist sie jeden Machtspruch ab, der auf die Allgemeinheit und die Verjährung des Irrthums gegründet ist. Ebenso verwirft sie die feige Waffe des Todtschweigens, die bei geringer Aussicht auf Erfolg bei offenem Kampfe gerne in Ausführung gebracht wird. Wer nur darauf ausgeht, scheinbar im Rechte zu bleiben oder nicht nachgegeben zu haben, der wird das Wegdecretiren oder Todtschweigen am leichtesten finden; wem es aber um die Wahrheit zu thun ist, der kann durch sachliches Eingehen in die Streitfragen nichts verlieren: siegt er, so behält er Recht; unterliegt er, gut, so ist er eines Irrthums quitt und erfreut sich der neugewonnenen Wahrheit. Wer aber seine scheinbare und angemasste

Stellung um jeden Preis erhalten will, der wagt viel, wenn er auf die Thatsachen eingeht. Gewinnt er dabei nicht, so ist er rettungslos verloren; schweigt er, so kann er immer sagen, wenn ich hätte sprechen wollen. Das Eingehen auf die Thatsachen ist, wie der Beweis des Alibi beim Criminalgerichtshof, sehr gefährlich: misslingt der Beweis, so ist auch der Kopf verloren. Beharren die Gegner beim Stillschweigen, so bestätigen sie die Vermuthung, dass es ihnen nicht um die Wahrheit, sondern um die Erhaltung einer falschen Stellung in der Wissenschaft zu thun sei. Jeder nicht handgreiflicher Irrthum ist der Widerlegung werth. —

Als ich den Entschluss fassen musste, den Rubicon der Autorität zu überschreiten, lagen Gründe zur Erwägung auf beiden Seiten. Es kam nicht darauf an, voraus ermessen zu können, ob die neue Lehre bereitwillig aufgenommen würde; ob ich es erleben würde, dass sie siegreich aus dem Kampfe hervorgehen würde; ob mir daraus Anerkennung und Ehre, oder nicht vielmehr Verfolgung und Hass zu Theil werden würde. Alle diese Dinge sind Nebensache und unwesentlich: es kam nur auf den einen Haupt- und Kardinalpunkt an, ob die neuern aufgestellten Thatsachen und die daraus gezogenen Schlüsse richtig seien oder nicht. Indem ich mir nochmal in letzter Stunde die ganze Reihe von Thatsachen und die darauf gegründeten Schlüsse im Geiste vorführte, und meine, in einer langen Reihe von Jahren in der Erforschung der Natur gewonnenen Erfahrungen und Einsichten auf diese Frage concentrirte, kam ich zu dem bestimmten Schlusse: Ja, es ist so; es ist wirklich so.

In der allgemeinen Verbreitung der plutonistischen Lehre liegt der Grund, dass man sich bei der Besprechung polemisch auf ihre Sätze einlassen muss, was nach einer Reihe von Jahren uns ebenso sonderbar vorkommen wird, als wenn man sich heute auf eine Polemik gegen das Ptolemäische Weltsystem, gegen das Phlogiston oder gegen den horror vacui einlassen wollte. Eine spätere Geologie wird viel einfacher und bündiger abgefasst werden können, wenn man nicht mehr nothwendig, hat, eine so grosse Menge überwundener Standpunkte zu besprechen sondern sich lediglich mit der Darstellung der als richtig erkannten

Ansicht zu befassen hat. Wie schwierig es ist, eine in langer Zeit festgewurzelte Meinung zu bekämpfen, geht aus dem Umstande hervor, dass in den Acten der Wissenschaft eine Menge von Thatsachen bereits niedergelegt war, die absolut nicht mit dem plutonistischen System in Einklang gebracht werden konnten, die aber in ihrer Bedeutung nicht gewürdigt wurden, weil sie gegen das System anliefen. Sie bestanden daneben in ihrem Recht als Thatsache, und erschwerten nur dass Verständniss des Systems, dem sie ein Hinderniss bereiteten. Die Anwesenheit pyrognomischer Mineralien im Granit, die Veränderung des spec. Gewichtes durch Glühen und Schmelzen beim Granat, Idokras und andern, die Anwesenheit von Wasser in Urgesteinen, von Carbonaten und freien Oxyden in Schwarz- und Grünsteinen, waren eben so viele Hindernisse für das System und erforderten zu ihrer Erklärung die künstlichsten, geschraubtesten Hypothesen.

Ich habe alle diese Thatsachen wieder entdeckt, indem ich ihnen ihre Stellung und Geltung in der Wissenschaft verschaffte. Die Beobachtung, dass Granat durch Schmelzen specifisch leichter wird, ist sehr einfach und würde jedem zugefallen sein, der die beiden Wägungen gemacht hätte. Eine solche Thatsache hat aber gar keine Bedeutung, wenn man sie nicht in die Kette der Erscheinungen einreihen kann. Diejenigen, welche zuerst die Thatsache beim Granat, Idokras, Feldspath und Augit fanden, waren lediglich durch das herrschende plutonistische System verhindert, ihre Bedeutung zu erkennen, weil diese mit dem System nicht in Einklang zu bringen war. Die Thatsache lag nutzlos in der Rumpelkammer der Wissenschaft und wartete auf die Hand, welche sie als Baustein in ein System einreihte. Wo sie jetzt einen Eckstein des Gebäudes ausmacht, ist sie aus einem Hinderniss zu einer Stütze geworden. Ein Irrthum wird durch eine Wahrheit in seiner Nähe immer beunruhigt und belästigt. Ich rechne es meinem Systeme zu einem guten Vorzeichen an, dass sämmtliche von Seiten meiner Gegner zuverlässig festgestellten Thatsachen sich auf die ungezwungenste Weise einreihen liessen, ja dass sie sämmtlich zum Tragen benutzt werden konnten und mussten. Für den Widerspruch der Mehrheit bin ich

reichlich entschädigt durch die Zustimmung der Thatsachen. Das Uebrige wird sich finden.

Die vollständige Verantwortlichkeit muss ich ferner bei den folgenden Punkten übernehmen.

Für die Entstehung und Bildung der Kalkgebirge aus dem Gyps des Meeres durch die dargelegte Mitwirkung der Pflanzen und Thiere; für die ausschliessliche Bildung der Kalke im Meer; für die Entstehung der Steinkohle aus Meerespflanzen im Meere, an einer andern Stelle als jener des Wachsthums, abgelegt; für die Ableitung aller Schwefel-, Fluor-Phosphorsäure und Borsäureverbindungen aus dem Meere; für die gebrauchte Eintheilung der Gebirge in Meeres- und Festlandbildungen; für die Trennung aller nachherigen Bildungen in ächten Meeresbildungen; für die Unterscheidung der Ablagerung und Festwerdung einer Felsart; für die Bildung sämmtlicher krystallinischen Silicate auf nassem Wege mit Zuziehung der Diffusion; für die besondere Art der Entstehung des Glimmers; für die Erklärung der Veränderung der Zeolithe, Granate und Gadolinite durch Wärme; für die gleichzeitige Bildung aller getrennten Mineralien in einer Felsart; für die Erklärung des Wassergehaltes in den Silicaten; für die gleichzeitige Bildung der Carbonate in den Schwarzsteinen; für die Mitwirkung der Diffusion zur Theorie der Hebung; für die Erklärung der natürlichen Einschlüsse; für die ausschliessliche Bildung der Gänge auf nassem Wege und die Beweiskraft der Gesteinsgänge für deren Entstehung; für die neue Erklärung der Palagonitbildung; für die Erklärung der Abplattung der Erde an den Polen durch Verwitterung und Gletscher; für die Erklärung der Meeresgase; für die umfassende Anwendung des specifischen Gewichtes in der Geologie und die daraus gezogenen Schlüsse; für die Unvereinbarkeit freier Oxyde mit sauren Silicaten im Schmelzfluss; für die Spaltung des Basaltes durch stoffliche Metamorphose; für die Erklärung der inneren Wärme der Erde als Arbeit der Sonne; für die 13 neuen Thatsachen als Unterschiede der nassen und feurigen Bildung; für die Erklärung der zuerst zurückweichenden Meereswelle bei Erdbeben; für die Bedeutung des Eisenoxydes in der Natur als Verbrenner organischer Stoffe; für die Verwerfung der geologischen Perioden und Systeme; für

den Nachweis, dass alle Bildungen zu allen Zeiten gleichzeitig statt fanden, so wie sie heute noch gleichzeitig statt finden; für die Zurückweisung der falschen Stellung der Vorwesenkunde in der Geologie; für die Verwerfung der Annahme einer gleichen Temperatur auf der ganzen Erde; für die Erklärung der Wärme der Thermalquellen aus der Ueberwindung von Widerständen; für die Erklärung der Meteoriten als gleichartig mit den irdischen Bildungen; für die nothwendige Ausscheidung der Kalke aus dem sogenannten Tertiär oder reinen Landdetritusbildungen, und noch manche andere Punkte, die sich dem Kenner als neu darbieten werden.

Die Geologie als Ganzes, wie sie gang und gebe war, wurde mehr geglaubt als verstanden. In Ermangelung einer bessern Erklärung nahm man die vorhandene an. Darin war sehr vieles, was jedem denkenden Menschen unbegreiflich blieb, wie der feuerflüssige Kern der Erde, die Erhebung der Alpen durch Dampf, die gleichzeitige Bedeckung der ganzen Erde mit Kreide oder Thonschlamm, die allgemeinen Fluthen, denen es an einer bewegenden Kraft fehlte und Vieles andere nicht minder schwer begreifliche. Diese Dinge wurden dann immer auf die Autorität grosser Namen hin angenommen und zuletzt hartnäckig vertheidigt. Damit blieb die Trennung der Wissenschaft vom Leben ausgesprochen, gewisse Theile derselben den Laien unzugänglich, und hinter den grossen Vorhang hatten nur die hohen Priester der Wissenschaft Zutritt, indem sich die Masse damit beruhigte, dass hinter diesem Vorhange doch etwas sein müsse.

Nun geht aber das Streben der neuen Welt auf Vereinfachung der Wissenschaft, auf allgemeine Verbreitung derselben unter alle Völker und Volkstheile. Dieses Streben findet einen grossen Widerstand in der ausnahmsvollen Stellung derjenigen, die hinter den grossen Vorhang zu treten berechtigt sind, und die keinem Uneingeweihten Zutritt gestatten wollen. „Es wird aber, sagt C. Radenhausen (Isis 4,348), die Selbstüberhebung schwinden, die noch vielfach unter den Jüngern der Wissenschaft wuchert, und am meisten bei denen, welche am wenigsten Veranlassung dazu haben, nämlich den Gedächtnisswissern oder Fachgelehrten, welche in einem engen Bereiche schätzenswerth-

Forschungen Anderer ihrem Gedächtnisse eingeprägt haben, vielleicht auch einiges selbstgeschaffenes hinzufügten, und weil ihnen ausserhalb ihres Gebietes alles dunkel ist, dieses Dunkel gründlich geringschätzen, auch jeden nicht zu ihrem Fache Gehörigen als Laien bezeichnen, um sein Urtheil abzuweisen. Diese Selbstüberhebung, welche so viele Gelehrte mit den Zunftmeistern gemein haben, wird umsomehr schwinden müssen, je stärker die Neuzeit drängt zum umfassenden Wissen und zur gemein verständlichen Darstellung der Lehre, also zur Entäusserung des verworrenen, dunklen, mit antiken Worten und Sprüchen durchwebten Gemisches, wie es bisher der Wissenschaft der Hochschulen würdig gehalten wurde: es wird die Zunft fallen und die freie Wissenschaft gewinnen."

Es ist demnach einleuchtend, dass eine neue Lehre bei Fachgenossen den grössten Widerstand finden wird, wie ein Missionair bei rückständigen Völkern. Denn diese sind alle mit eigenen Wundervorstellungen versehen, und, wie es auch bei den Missionairen statt findet, fühlen sie sich bei den heimischen Wundern jedes Zweifels überhoben, wollen aber die fremden mit dem Verstande beurtheilen, was in diesem Falle auf beiden Seiten unmöglich ist. Wer von Jugend auf mit dem Begriffe des schmelzflüssigen Zustandes des Erdinnern aufgezogen wurde, sieht diesen Satz als gegeben und feststehend an; die Ansicht, dass die innere Wärme der Erde Arbeit der Sonne sei, muss man ihm vorrechnen, und dann glaubt oder fasst man es noch nicht. Wer die elastische Kraft der Wasserdämpfe für genügend hält, um die Alpen zu heben, wird häufig nicht durch den mathematischen Beweis des Gegentheils von seiner Meinung abgebracht. Es dürften demnach zur freien Auffassung der Wahrheit und unbefangenen Beurtheilung der Gründe die sogenannten Fachgelehrten am wenigsten geeignet und berufen sein. Von den Laien unterscheiden sie sich ja in Nichts, als dass ihnen eine grosse Anzahl Thatsachen und Vorkommnisse durch eigne Anschauung oder Erlernung bekannt sind, und dass sie eine Anzahl Hypothesen, die durch nichts bewiesen sind, für Wahrheiten angenommen haben. Wie wenig aber der erstgenannte Vorzug in die Wagschale fällt, beweist der Umstand, dass diejenigen, welche z. B. die meisten Vulkane zu sehen Gelegenheit

hatten, über ihre Ursache die unhaltbarsten Ansichten aufgestellt haben; die genaueste petrographische Sichtung der Kalkgebirge hat über deren Entstehung gar nichts gelehrt, ja fast bei den meisten ist nicht einmal das Bedürfniss einer Erklärung ihrer Entstehung zu Tage getreten. Man darf deshalb den Werth der neuen Lehre am wenigsten nach dem Erfolge beurtheilen, den sie bei den Fachgelehrten finden wird, so wie ja auch die antiphlogistische Ansicht unter den Lehrern der Chemie die hartnäckigsten Bekämpfer und die unermüdlichsten Vertheidiger des Phlogistons gefunden hat. Die Beseitigung des geologischen Phlogistons wird naturgemäss einen ähnlichen Verlauf nehmen.

Jeder allgemein gebildete Leser, der von Physik und Chemie eine gewisse Grundlage hat, ist zur Beurtheilung der neuen Lehre eben so berechtigt, als die Fachgenossen, deren Mehrzahl von diesen Wissenschaften einen mehr als bescheidenen Antheil hinzubringt, dafür häufig eine desto grössere Geringschätzung der exacten Naturwissenschaften an den Tag legt. Es wurde mir oft von Laien die Frage gestellt, was denn die Wissenschaftsgenossen zu den neuen Ansichten sagten, worauf ich bis jetzt antworten musste: Nichts, und dass ich auch darüber ganz beruhigt wäre, da diese zum Annehmen einer neuen Lehre am allerungünstigsten situirt wären, sowohl wegen der früheren Aneignung gewisser Fragesätze als Wahrheiten, als wegen der unvermeidlich veränderten wissenschaftlichen Stellung, die sie durch Annahme der neuen Lehre unterschrieben. Zuletzt wird doch nach dem Gewicht der Thatsachen und Gründe und nicht nach der Zahl der Stimmen entschieden.

Bonn, im Juni 1866.

Inhalt.

Festlandgebilde. 143

Einleitung.

Von Jugend auf sind wir gewöhnt, die Erde als etwas Festes, Bestehendes, Unwandelbares anzusehen, von dem wir leicht annehmen, dass es von jeher so gewesen sei. Damit ist die Frage beinahe abgeschnitten, in welcher Art die Erde ihre jetzige Gestalt angenommen habe. Während des Lebens eines Menschen ereignet sich auf dem ihm angewiesenen Flecke so wenig, dass er eine Veränderung kaum nachweisen kann. Die Flüsse behalten ihren gewohnten Lauf, die Berge ihre bekannten Formen, und wenn sich auch etwas Sichtbares daran ändert, so erscheint es dem Lebenden als unbedeutend im Vergleich zur Oberfläche der Erde, und einem nachfolgenden Geschlechte als von ewigen Zeiten her bestehend. Nichts führt uns mit solcher Handgreiflichkeit auf die Erforschung der Erde, als bei der Pflanzenwelt das jährliche Erscheinen und Verschwinden derselben, bei den Thieren ihre höhere Stellung unter den lebenden Wesen und die nahen Bezüge zum Menschen. Wir sehen nichts Aehnliches auf der leblosen Erde. Der Steinbruch füllt sich nicht wieder an, der herabgestürzte Fels erhebt sich nicht auf seine frühere Stelle, die erschöpfte Silberader bleibt für ewige Zeiten leer. Die Rollsteine an unsern Flüssen scheinen uns immer dieselbe Grösse zu haben, obschon sie täglich weiter rollen und sich abschleifen, während neue von derselben Grösse bei uns ankommen. Wir nehmen im Geiste eine Veränderung wahr, können sie aber mit den Sinnen nicht verfolgen.

In einem Thale sehen wir einen Bach rinnen, der, von Regen und Schnee geschwellt, die Steine fortrollt. An der Beschaffenheit der Rollsteine erkennen wir, dass sie von den benachbarten Gehängen abstammen, dass sie ursprünglich scharfkantig und zackig waren, im

Laufe des Baches aber abgerundet und kleiner wurden. Wir haben einen Anfang von Geologie vor uns. Betrachten wir die Erscheinung öfter und genauer, so stellt sich uns die Ansicht als wahrscheinlich dar, dass das ganze Thal in gleicher Weise von dem Bache eingeschnitten worden sei, und dass die Bruchstücke als Sand in eine tiefere Gegend geführt wurden. Verfolgen wir sie hier, so finden wir sie immer kleiner werdend, theils durch die Abnutzung selbst, theils auch weil die kleineren Stücke leichter weggeführt werden; der letzte Schlamm treibt bis ins Meer hinaus und versandet die Mündungen der Flüsse. Wir sehen neue horizontale Absätze entstehen, welche, bis auf ihre Weichheit, grosse Aehnlichkeit haben mit geschichteten Gesteinen, die wir als Thonschiefer, als Sandstein auf der Erde verbreitet finden. Wir haben so ein fertiges Gebirge in seiner Zerstörung verfolgt, bis es wieder in einer Lage ist, ein neues Gebirg geben zu können, und das ist schon ein volleres Ergebniss unserer Forschung.

In den Kalkgebirgen finden wir Schalen von Thieren, die mit jenen grosse Aehnlichkeit haben, welche wir heute noch im Meere sehen. Zuweilen besteht das ganze Gestein aus zierlichen aneinander gekitteten Schalen. Diese Thiere haben mit ihren Leibern den Stoff und die Form hergegeben. Aber wie kommen sie auf die Gipfel der Berge, jene Wesen, die lebend nur im Meerwasser bestehen konnten. Hier reichen wir schon mit unsern gewöhnlichen Erfahrungen nicht mehr aus. Nehmen wir noch hinzu, dass es eine grosse Mannigfaltigkeit von Gesteinen gibt, dass die Gipfel der Alpen, die Tiefen der Schächte, die Steinsalzstöcke, die Kohlenflötze, die Kalkgebirge, die Feuerberge uns die wunderbarsten Fragen vorlegen, so erkennt man leicht, welches mannigfaltige und hohe Intresse die Kenntniss dieser Vorgänge uns darbieten wird. Dies Intresse steigt wesentlich mit dem Verständniss, und dies wird erst eintreten, wenn wir die Wahrheit mit unsern Erklärungen gefunden haben. Eine Unwahrheit kann an sich nicht verständlich sein, weil die Unterlage nicht existirt. Wir fragen die Natur, erhalten aber selten Antwort. Fragen wir falsch, so erfolgt keine Antwort; denn die Natur hat nur die zwei Worte Ja und Nein oder Stillschweigen.

Beim Betrachten der Erde müssen wir jene Theilung der Arbeit eintreten lassen, die jeder unentbehrlich fand, der eine zusammengesetzte Maschine, einen lebenden Organismus verstehen wollte. Erst lernte er die Theile der Maschine, des Körpers einzeln kennen, dann in ihrer Verbindung mit einander, zuletzt in Thätigkeit. Wer die Dampfmaschine studirt, betrachtet den Kessel, den Cylinder, die Dampfvertheilung, die Bewegungsorgane einzeln, und nachher im Zusammenhange; wer einen Körper kennen lernen will, untersucht die Ernährungs-, die Bewegungs-,

die Ausscheidungs-, Athmungswerkzeuge einzeln, zuletzt die Dampfmaschine in voller Arbeit, den Körper in vollem Leben.

In ganz gleicher Weise müssen wir, um die Sprache der Erde zu verstehen, erst ihre Buchstaben kennen lernen, dann ihre Worte, dann den Sinn der ganzen Schrift der Erde.

Die Buchstaben der Erde sind die wenigen Stoffe, aus welchen die grosse Masse der Gebirge gebaut ist; die Worte sind die einfachen Mineralien, die Sätze, die Felsarten, und der Inhalt des ganzen Wortes ist die in vollem Kreislauf begriffene Erde.

Buchstaben der Erde sind nur 7:

Kieselerde,
Thonerde,
Kali,
Natron,
Kalk,
Bittererde,
Eisenoxyde,

von denen wir den beiden ersten eine nähere Betrachtung schenken. Es sind alles oxydirte Körper, und der Geologe kann von den in ihnen enthaltenen einfachen Stoffen oder Metallen ganz absehen.

Die Worte der Erde sind Feldspath, Augit, Hornblende, Glimmer und ähnliche, welche sich zu einfachen Sätzen, Granit, Basalt, vereinigen, und mit den andern zusammen die Sprache bilden, welche wir verstehen lernen mögten. Die Geologie soll uns diese Sprache verstehen lehren. Sie ist die Physiologie der Erde, das höchste Ziel und die Blüthe der ganzen Erdwissenschaft. Alle beschreibenden Disciplinen dienen ihr als Stoff und Unterlage, und sie verwendet sie nach Zweck und Bedürfniss.

Indem wir das Haus, welches wir bewohnen, genauer untersuchen wollen, werfen wir einen Blick auf die Nachbarn, auf die Strasse, Stadt und Land, worin es liegt.

Die Erde ist ein Stern unter den Sternen, der dritte Planet von der Sonne ab, nicht der kleinste, nicht der grösste, der erste mit einem Trabanten versehene. Sie hat eine doppelte Bewegung: eine um ihre Achse, welche stabil im Weltraume schwebt, den Tag; eine um die Sonne, das Jahr. Wir messen das Jahr mit dem Tag. Beide haben kein einfaches Verhältniss zu einander, was sich durch einen vollständigen Bruch ausdrücken liesse, weil zwischen beiden Bewegungen auch keine bestimmte Beziehung stattfindet. Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne kann man zu 20 Millionen geographischer Meilen annehmen. Der Durchmesser der Erde am Aequator ist 1720 geogr. Meilen, von

Pol zu Pol etwa 6 Meilen kleiner; der Umfang am Aequator 5400 Meilen. Das specifische Gewicht der ganzen Erde ist nahe $5^1/_2$ gegen Wasser als Einheit. Sie ist mit einer Lufthülle umgeben, welche so schwer ist als eine Quecksilberschichte von 760 Millimeter Höhe.

Die Erde schwebt frei im Weltraume mit der ihr eigenthümlichen Bewegung. Ein beständiger Zug zieht sie nach der Sonne; eine geradlinige tangentiale Wurfkraft strebt sie davon zu entfernen. Ebensoviel, als sie an ihrer Stelle durch den Zug nach der Sonne hin fallen würde, ebensoviel flieht sie durch die Wurfkraft hinaus. Beide Kräfte zusammen halten sie in ihrer Bahn. Dieselbe ist kein vollständiger Kreis, sondern ein Langkreis, Ellipse. Es sind tausend Ellipsen denkbar, in denen sie um die Sonne gehen könnte, aber nur ein Kreis. Die Wahrscheinlichkeit ist also auf Seiten der Ellipse, und so bewegt sich die Erde auch wirklich in einer Ellipse, wie die andern Planeten. Die nächsten Nachbarn sind Venus und Mars. Ausser ihren Bewegungen und Anziehungen wissen wir so gut wie nichts von ihnen.

Der Weltraum muss mit einer ponderablen Materie gefüllt sein. Wir können nicht anders denken, als dass es dieselben Stoffe sind, welche auch unsere Atmosphäre ausmachen, sonst müssten sich längst Beimengungen des fremden Körpers in unserer Atmosphäre finden. Zur Erklärung der geradlinigen Fortpflanzung von Licht und Wärme, und zur Vermittlung der Gravitationserscheinungen muss ein wägbares Substrat zwischen den Weltkörpern sein. Der sogenannte Aether, ein Mittelding zwischen Kraft und Stoff, welcher zugleich beides und keines sein soll, ist nicht zu beweisen. Ueber den Grad der Verdünnung der Luft im Weltraum haben wir keine Erfahrung. Je nach der Feinheit der Bewegung reicht auch eine noch grössere Verdünnung zur Fortpflanzung der Bewegung hin. Den Schall können wir schon durch das Vacuum der Luftpumpe an der Verbreitung verhindern; selbst Wasserstoffgas schwächt ihn schon bedeutend. Mit der Quecksilberluftpumpe hat man ein Vacuum erzeugt, durch welches keine Electricität mehr durchgeht; lässt man nur eine Spur eines Gases hinein, so werden die Lichtzonen des Ruhmkorff'schen Apparates wieder sichtbar. Licht ging noch durch dieses Vacuum hindurch. In gleicher Art bedarf auch die Schwerkraft und der Magnetismus einer zwischen liegenden Materie, um in die Ferne zu wirken. Durch ein absolutes Vacuum kann keine Kraft hindurchwirken.

Die lockere Erfüllung des Weltraums mit Materie ist die Bedingung der Anziehung.

Das Weltall ist unendlich nach Raum und Zeit. Nach Raum, weil es durch Gravitation zusammenfallen müsste, wenn nicht hinter jeder

Ferne neue Anziehungen wären, welche jedem einseitigen Zuge entgegenstrebten. Jede endliche Menge leuchtender und wärmender Sonnen müsste mit der Zeit erkalten und dunkel werden, wenn sie nicht in jedem Augenblicke so viel Strahlen empfienge, als sie aussendet. Dies kann nur dadurch geschehen, dass kein Strahl ausfliegt, ohne zuletzt auf eine Sonne treffen zu müssen. Die Siriusfernen sind keine Raumverschwendung. Wenn auch zwischen Sonne und Sirius noch tausend Sonnen hineingesetzt würden, so wäre doch keine mehr da, als schon da sind. Eine unendliche Grösse kann durch Zusatz einer endlichen nicht vermehrt werden. Das Weltall ist die einzige unendliche Grösse, welche existirt. In der Unendlichkeit liegt die Möglichkeit und Nothwendigkeit der ewigen Dauer.

Die Chemie lehrt, dass kein Stoff vergehen, vernichtet werden kann; dass keiner neu entstehen kann.

Die Physik lehrt, dass keine Kraft vergeht, dass keine entsteht.

Die vorhandene unendliche Grösse von Materie und Kraft kann durch keinen Vorgang um das Kleinste vermehrt oder vermindert werden. Die Gesetze des Denkens verlangen, dass dasjenige, was nicht in der Zeit vergehen kann, auch nicht in der Zeit entstanden sein könne. Der Naturforscher nimmt Stoff und Kraft als gegeben an. Sie haben den Grund ihres Bestehens in sich selbst. Vom letzten Grund kann man keinen Grund angeben, weil er sonst nicht der letzte wäre. Von diesem Gesichtspunkt aus ist das Bestehen der Welt für alle Zeiten gesichert. Was in der Zeit entstanden ist, kann in der Zeit vergehen: Sonnensysteme, Welttheile, Berge, Flüsse, lebende Wesen sind nur Formen und als solche vergänglich; ihre Materie ist unvergänglich. Nach dieser Feststellung der Gränzen, um Streitigkeiten zu vermeiden, gehen wir sogleich zur Sache über.

Ueberblick.

Die Erde als Weltkörper betrachtet, bietet uns zu unmittelbarer Anschauung die drei grossen Absonderungen: das Land, das Meer, die Luft. Wir haben hier die 3 Aggregatzustände des Stoffs, und wenn man will, auch drei von den Elementen des Aristoteles vor uns. Jede dieser drei Ansammlungen hat etwas chemisch ganz besonders Auszeichnendes, und dieses ist

für das Land: Kieselsäure und Thonerde;
für das Wasser: gebundener Wasserstoff;
für die Luft: freier Sauerstoff.

Die heutige Gestalt der Erde ist das Resultat der Beziehungen und der Wirkungen dieser drei Ansammlungen auf einander, und keine derselben kann in der Geologie von der Betrachtung ausgeschlossen werden. Das zu durchlaufende Feld bietet sich also in naturgemässer Weise von selbst dar.

Die feste Erde muss den Anfang machen, weil sie dem Gewicht und Volumen nach bei weitem die beiden andern Theile überragt, und weil die Wissenschaft von der Erde den Namen erhalten hat. Darauf muss das Meer folgen, weil es die Luft an Masse übertrifft, greifbarer und sichtbarer ist, und der Ordnung nach auf dem Festlande ruht. Dann folgt die Betrachtung der Atmosphäre, als des kleinsten Theiles und des zu oberst liegenden, und weil sie als minder leicht fassbar zuletzt erkannt und in die Wissenschaft hereingezogen wurde.

Bei Angriff des Festlandes zeigt eine einfache Betrachtung, dass eine genaue Kenntniss der Kieselerde (oder Kieselsäure) und der Thonerde vorangehen müsse, um die später durch den Stoffwechsel dieser beiden Körper vor sich gehenden Veränderungen in der Gestalt des Landes zu begreifen. Dann haben wir die Entstehung und Zerstörung

der Kieselverbindungen, welche auch Silicate genannt werden, zu betrachten.

Zum Meere übergehend müssen wir dessen Zusammensetzung und Vertheilung kennen lernen, dann die aus ihm und in ihm entstehenden Neubildungen. Aus der Substanz des Meeres entsteht die Steinsalzablagerung, das Kalkgebirge und die Steinkohle; in dem Meere und durch Mitwirkung des Landes entstehen die Absatzgesteine, Thonschiefer und Sandsteine.

Die Betrachtung der Atmosphäre führt uns durch die Erscheinungen der Verwitterung auf die Zerstörung des Festlandes, weil die Luft die Trägerin und Vertheilerin des reinen Wassers ist, welches durch seine Lösungskraft und die Ausdehnung im Gefrieren die festen Theile trennt; und so ist die Atmosphäre auch die nächste Veranlassung zu den Veränderungen der Oberfläche der Erde, weil sie das Wasser nach allen Theilen des Festlandes hinträgt, wo es oberflächlich rinnend die Gebirge durchschneidet und Thäler ausgräbt, und einsinkend und mit wägbaren Stoffen beladen wieder heraustretend, die Erde ihrer Unterstützung beraubt und dadurch mechanische Bewegung und durch diese Wärme erzeugt.

Nach Betrachtung dieser Erscheinungen im Einzelnen wird es nützlich sein, das ganze Gebiet mit einem Ueberblicke zu überschauen, um die Ueberzeugung zu gewinnen, dass es in der Geologie nichts Altes und nichts Neues gibt, und dass gleiche Ursachen zu allen Zeiten gleiche Wirkungen hatten.

Wir treten sogleich in die Betrachtung der Kieselsäure ein.

Kieselsäure.

Eigenschaften. Die Kieselsäure ist ein für den Geologen so unendlich wichtiger Körper, dass wir von der Annahme, die chemischen Eigenschaften der Körper als bekannt vorauszusetzen, eine Ausnahme machen müssen, indem es durchaus nothwendig ist, die feststehenden Thatsachen in gleicher Art anzuerkennen, und dieselben in bestimmter Art zu formuliren. Um Schlüsse zu ziehen, müssen die Thatsachen contradictorisch feststehen.

Die Kieselsäure kommt in der Natur im freien Zustande als Bergkrystall, Quarz, Achat, Chalcedon, Sandstein, und in Verbindung mit anderen Körpern, besonders Basen, vor. Diese Verbindungen nennt man allgemein Silicate. Die Silicate verbinden sich wieder zu Doppelverbindungen und es entsteht daraus die grosse Mannigfaltigkeit von Mineralien, welche die Mineralogie beschreibt und die Chemie auf ihre Bestandtheile und Mengen zurückführt. Die Kieselsäure, die auch den Namen Kieselerde führt, spielt in diesen Verbindungen durchweg die Rolle einer Säure, was daran erkannt wird, dass sie sich vorzugsweise auf nassem und trockenem Wege mit allen Basen in Verbindung bringen lässt, und dass sie auf trocknem, feurigem Wege im Stande ist, die stärksten und ausgesprochensten Säuren, wie Salpetersäure, Schwefelsäure auszutreiben, vorausgesetzt, dass diese flüchtiger sind, als die Kieselsäure. Sind die Säuren selbst feuerbeständig, wie die Phosphorsäure, so kämpfen sie auch bei hoher Temperatur lange um den Besitz der Basen, müssen aber auch in noch höherer Temperatur der Kieselsäure weichen, weil diese nach unseren Erfahrungen absolut feuerbeständig ist.

Die Kieselsäure in ihrer reinsten Form als Bergkrystall ist ganz farblos, durchsichtig, ungemein hart und gilt dem Chemiker als unlöslich in Wasser. Sie hat dann das spec. Gewicht von 2,65. Was uns aber

bei unsern Versuchen als absolut unlöslich erscheint, ist es in der Natur noch nicht, denn selbst der Bergkrystall findet sich dort im angegriffenen Zustande, stellenweise durchdrungen von chloritischen Krystallen, und verschwindet endlich wieder ganz. Der Begriff der Unlöslichkeit, wie er im Laboratorium gilt, ist also ein relativer. Der andauernden Wirkung des Lösungsmittels widersteht kein Körper, und der Kreislauf der Natur fordert auch diese Bedingung, weil sonst zuletzt alle Kieselerde in Form von Bergkrystall ausgeschieden werden und aus dem Kreislauf der Natur austreten würde. Da dies noch nicht stattgefunden hat, so kann es bei der angenommenen Unendlichkeit in der Vergangenheit auch in Zukunft nicht stattfinden.

Ganz anders verhält sich die Kieselerde, welche aus einer löslichen Verbindung durch Säuren abgeschieden wurde. Wenn man Kieselsäure vom spec. Gewicht 2,6 in einem Tiegel mit reinem kohlensaurem Kali oder Natron zusammenschmilzt, so entweicht die Kohlensäure und eine glasartige Masse bleibt zurück. Diese ist in Wasser so gut wie unlöslich, wenn viel Kieselsäure darin enthalten ist, dagegen leicht löslich, wenn viel Alkali darin ist. Die erste unlösliche Form stellt das gewöhnliche weisse Glas vor; die zweite schon in der Kälte lösliche Verbindung gibt die sogenannte Kieselfeuchtigkeit, und zwischen beiden steht noch eine Form, die als Wasserglas unterschieden wird. Im gepulverten Zustande löst sie sich in kochendem Wasser vollständig auf, im ganzen Zustande und in der Kälte sehr unvollständig. Der Grad der Schwerlöslichkeit hängt also einfach mit dem Verhältniss der Kieselsäure zu dem Alkali zusammen.

Wenn man die löslichen Verbindungen von Kieselsäure und Kali oder Natron mit Wasser verdünnt, und dann mit einer Säure, Salzsäure, Schwefelsäure, versetzt, so scheidet sich die Kieselerde in Gestalt einer Gallerte aus, allein ein Theil bleibt in der Flüssigkeit aufgelöst. Die Gallertklumpen erscheinen auch hier sehr schwerlöslich, würden sich aber doch mit viel Wasser und andauernder Einwirkung zuletzt ganz lösen. War die Kieselverbindung in sehr viel Wasser aufgelöst, so scheidet sich bei Zusatz von Säure keine Kieselerde als Gallerte aus, sondern sie bleibt ganz in Lösung. Dampft man diese Flüssigkeit durch Wärme ein, so gesteht sie bei einer gewissen Concentration ganz zu einer Gallerte, und dämpft man diese Gallerte vorsichtig zur Trockenheit ein, so verliert sie die Gallertform, wird opalartig, sandig, und ist nun nach chemischen Begriffen in Wasser unlöslich. Es lassen sich nun alle andern Salze mit Wasser ausziehen und die Kieselsäure bleibt als weisses Pulver auf dem Filtrum zurück. Dies Verhalten ist sehr wichtig, weil es der Weg ist, auf welchem die Menge der Kieselsäure analytisch bestimmt wird. Allein diese Bestimmung ist eine der unsichersten analytischen Operationen, die es gibt. Das Filtrum muss nothwendig zu Asche verbrannt werden. Dies findet sehr schwierig statt, weil die Kieselsäure es in gewissem Sinne unverbrennlich macht. Erst muss

das Filtrum mit Inhalt absolut trocken gemacht werden, dann bei bedecktem Tiegel und langsam steigender Hitze verkohlt, und zuletzt bei schwach geöffnetem Tiegel zu Asche verbrannt werden. Kein Rühren darf stattfinden, weil die Kieselerde leicht stäubt und dann Verluste entstehen. Es ist dies Verhalten deswegen genau beschrieben worden, weil es der Grund ist, warum die Kieselsäurebestimmungen so leicht variiren, und warum das Atomgewicht der Kieselsäure und des Siliciums so unsicher sind, und noch zu keinen zuverlässigen Zahlen geführt haben.

Verhalten der Kieselsäure zur Wärme. Die Geologen hatten sich über die Entstehung des Bergkrystall's, des Quarzes, Meinungen gebildet, ehe sie die Natur des Körpers und sein Verhalten zur Wärme kannten. Wir werden hier ein intressantes Beispiel finden, wie eine exacte Forschung diese Ansichten veränderte. Heinrich Rose, dessen wissenschaftliche Redlichkeit und Glaubwürdigkeit sprüchwörtlich geworden ist, hat in einer ausführlichen Abhandlung*) diesen Gegenstand beleuchtet, und ihn nach seiner Art so erschöpft, dass auch keine Nachlese übrig geblieben ist. Es folgte darauf keine Entgegnung. Die Sache wurde in bekannter Weise todtgeschwiegen, und die Arbeit Rose's war so gut wie nicht gemacht.

Ueber das specifische Gewicht der Kieselsäure besitzen wir schon eine frühere Arbeit von dem Grafen Franz von Schaffgotsch**), woraus hervorging, dass das specifische Gewicht der natürlichen krystallisirten Kieselsäure 2,65 ist, und der auf chemischem Wege dargestellten, die er auch chemische Kieselerde nennt, nur 2,2.

Es gibt also zwei verschiedene Zustände der Kieselsäure. In dem einen hat sie das spec. Gew. 2,6 bis 2,65, in dem andern 2,2 bis 2,3.

Die Kieselsäure von der Dichtigkeit 2,6 findet sich nur krystallisirt, oder wenigstens krystallinisch dicht, während die Kieselsäure vom spec. Gew. 2,2 nur im amorphen Zustand erscheint. Die krystallisirte bildet den Bergkrystall, den Quarz, Amethyst, Sandstein so wie auch den Sand, der durch Zertrümmerung von Quarz entstanden ist. Im dichten krystallinischen Zustand finden wir die Kieselsäure im Chalcedon, Chrysopras, Hornstein, Feuerstein, Achat, Jaspis in manchem versteinerten Holze und ähnlichen Kieselmassen. Beide Arten, die krystallisirte und die dichte, haben dasselbe specifische Gewicht, nur ist das letztere um ein sehr weniges geringer, geht aber nicht unter 2,6. Auch enthält diese letztere oft einen kleinen Antheil von Wasser und organischen Stoffen, höchstens 1 Procent, gewöhnlich weniger. Die krystallinische Kieselerde unterscheidet sich von der dichten des Feuersteins, Chalcedons, wesentlich nicht. Sie haben beide dasselbe Verhalten zu chemischen Agentien, dasselbe spec. Gewicht, gleiche Härte, polarisiren beide das Licht, was

*) Poggendorff's Annalen 108,1.

**) Poggendorff's Annalen 68,155.

die amorphe Kieselerde nicht thut. Es ist also ungefähr dasselbe Verhalten wie das des Kalkspathes zu dichtem Kalkstein. Die dichte, krystallinische Kieselerde besteht aus einem Aggregat kleiner Krystalle, die krystallisirte aus ganzen Krystallen, und so wie Hutzucker leichter löslich ist, der Zeit nach, als Candis, so löst sich auch die dichte Kieselerde etwas rascher als die krystallisirte. Bergkrystall ätzt sich mit Flusssäure sehr schwer und langsam, aber Chalcedon in derselben Zeit weit tiefer. Wechseln beide in Mandeln mit einander ab, so sind bei gleicher Behandlung die Striche im Chalcedon tiefer und erkennbarer. Wird der krystallisirte Quarz fein gepulvert, so verhält er sich sehr ähnlich wie das Pulver aus Feuerstein oder Chalcedon.

Dass die dichte Kieselsäure des Achats, Chalcedons, des versteinerten Holzes nur auf nassem Wege entstanden sein könne, wird wohl jetzt von Niemand mehr bezweifelt, denn die Erhaltung der Holzstructur, die Gegenwart von Infusorien im Feuerstein (Ehrenberg) lässt wohl keine andere Deutung zu; allein über die Entstehung des Bergkrystalls sind wohl noch Einige abweichender Meinung. Für die Fälle, wo Bergkrystall, Amethyst neben dichter Kieselerde, Achat, Chalcedon, vorkommen, wird auch von jener Seite die nasse Entstehung als nothwendig zugegeben, und es bleiben also nur die Bergkrystalle in dem Granit streitig.

Die Veränderungen, welche das krystallisirte Quarz durch Hitze zeigt, wurden durch Versuche ermittelt.

Vollkommen durchsichtiger Bergkrystall in einem Platintiegel 18 Stunden der schärfsten Hitze des Porzellanofens, etwa 2000° C., ausgesetzt zeigte nachher gar keine Veränderung. Sein absolutes Gewicht war unverändert geblieben; das spec. Gew. war vorher 2,651, nachher 2,650, was innerhalb der möglichen Beobachtungsfehler fällt. Nur der Theil, welcher den Tiegel berührte, hatte einige Risse bekommen. Das Platin des Tiegels war dem Schmelzen nahe gewesen und hatte ein krystallinisches Ansehen angenommen. Andere Krystalle, welche etwas trüber waren, wurden durch dieselbe Hitze noch undurchsichtiger, und grobes Pulver zeigte nachher das spec. Gew. 2,613. Ein kleiner Theil der Kieselsäure war also in die Modification der geringeren Dichte übergegangen. Fein geriebenes Pulver von Bergkrystall hatte durch einmalige 18 stündige Hitze das spec. Gew. 2,394, durch zweimaliges 2,329 angenommen.

Feuerstein von schwärzlicher Farbe und 2,591 spec. Gew. behielt zwar seine Form, war aber undurchsichtig weiss und leicht zerreibbar geworden. Das spec. Gew. des ganzen Stücks war 2,218, des Pulvers 2,237 geworden. Die in Hochöfen aus den Gasen abgesetzte Kieselerde ist amorph und zeigte das spec. Gew. 1,842, allerdings mit einer sehr kleinen Menge Substanz ermittelt. (Pogg. 108,26).

Bekanntlich lässt sich die reine krystallisirte Kieselsäure von dem Knallgasgebläse zu einer Perle schmelzen. Davy, Clark, Stromeyer und

Marcet hatten dies schon früher gezeigt, und später haben Gaudin und besonders St. Claire Deville die Kieselsäure von 2,6 zu grossen Tropfen geschmolzen und zu Fäden ausgezogen. Deville hat 30 Gramm zum Schmelzen gebracht. Die geschmolzene Kieselsäure war vollkommen durchsichtig wie Glas, eben so (?) hart wie krystallisirte, aber ganz amorph und hatte das spec. Gew. 2,2, wie sich in der Natur gar keine durchsichtige Kieselerde findet. Die schmelzende Kieselerde ist nach Gaudin (Annal. d. Chem. u. Pharm. 40,123) der ductilste Körper, den man kennt, daher die Fähigkeit aller Gläser sich ausziehen zu lassen. Ihre Fäden sind zäher und biegsamer als die des Glases von gleichem Durchmesser. Eine völlig geschmolzene Kugel in Wasser geworfen zischt stark, bleibt aber durchsichtig und sehr cohaerent, dass sie selbst unter dem Hammer schwer zerbricht; alles ganz ähnlich wie bei den in Wasser abgelöschten Glastropfen. Gaudin erhielt die Kieselerdefäden so fein, dass er sie knüpfen konnte. Die geschmolzene Kieselerde krystallisirt nie, was auch mit ihrem zähflüssigen Zustande ganz unvereinbar ist.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass durch starke Hitze die krystallinische Kieselsäure von 2,6 in die amorphe von 2,2 spec. Gew. übergeht, und zwar beim Schmelzen alle ganz gleichmässig, bei niedern Hitzgraden um so mehr, als die Cohaesion schon vorher gelockert war, so dass dichter Bergkrystall durch Ofenhitze fast gar keine, gepulverter und kleinkrystallinischer aber schon mehr Veränderung erlitt. Da sich die specifischen Gewichte umgekehrt wie die Volumina verhalten, so dehnen sich durch Schmelzen 22 Vol. Bergkrystall zu 26 Volumen aus, oder sie wachsen im Volumen um $\frac{4}{22} = 18{,}1$ Procent; und umgekehrt müsste sich die geschmolzene Kieselsäure, wenn sie durch Erstarren krystallisirte, um $\frac{4}{26}$ oder 16 Procent zusammenziehen, wenn sie von dem spec. 2,2 auf das von 2,6 kommen sollte. Es könnten also keine Bergkrystalle, Quarze entstehen, ohne dass sie 16% ihres eignen Volums leeren Raum um sich hätten.

Die chemischen Eigenschaften dieser beiden Modificationen der Kieselsäure sind sehr verschieden. Geschmolzener Quarz zu feinem Pulver zerrieben löst sich mit Leichtigkeit in ätzendem und kohlensaurem Alkali; ebenso mit Flusssäure begossen löst er sich stürmisch zu Fluorsiliciumgas; dagegen feines Pulver von natürlichem Bergkrystall löst sich durch Kochen in verdünntem Aetzkali kaum merkbar auf, und entwickelt mit Flusssäure kaum kleine Bläschen von Fluorsiliciumgas. Wir haben in diesen beiden Reactionen ein leichtes Mittel, die jedesmalige Natur der Kieselerde zu unterscheiden.

Die Kieselpanzer der Infusorien bestehen aus amorpher Kieselsäure; sie polarisiren das Licht nicht und haben die Dichtigkeit 2,2. In Aetznatron lösen sie sich so leicht, dass man sie zur Bereitung von Wasserglas benutzt, wobei die Schmelzung ganz umgangen wird. Feuerstein-

pulver und Sand würden sich ohne Schmelzung nicht zu demselben Zwecke verwenden lassen.

Die Opale bestehen ebenfalls aus Kieselsäure von der Dichtigkeit 2,2. Sie lösen sich gepulvert leicht in kochenden alkalischen Laugen, auch nach dem Glühen. Alle aus Silicaten durch Säuren ausgeschiedene Kieselsäure und die aus Fluorsiliciumgas erhaltene ist amorph. Man benutzt oft diese Eigenschaft, um die Kieselsäure durch kohlensaueres Natron aufzulösen, wenn man noch unzersetzte Antheile des Minerals darin vermuthet.

Es gibt in der Natur eine grosse Anzahl kieselsaurer Verbindungen, welche im gepulverten Zustande leicht durch Säuren zersetzt werden, andere aber werden selbst durch die stärksten Säuren nicht zersetzt.

Die von Säuren zersetzbaren Kieselverbindungen verhalten sich auch verschieden. Einige, aber nur sehr wenige, lösen sich im gepulverten Zustand, wie die künstlich dargestellten alkalischen Silicate, vollkommen zu einer klaren Flüssigkeit in verdünnten Säuren auf. Mit concentrirten Säuren dagegen gelatiniren sie. Alle Säuren, auch die organischen, üben dieselbe Wirkung aus, Wasser allein aber nicht. In diesem Falle löst sich die Kieselerde im Wasser, die Basen aber in der Säure auf. Bei mangelndem Wasser scheidet sich die Kieselerde als Gallerte aus. Die ausgeschiedene Kieselerde hat die Dichtigkeit 2,2. Zu diesen Mineralien gehören der Natrolith, der Cancrinit, der Nosean, Hauyn und der Lasurstein.

Die meisten der durch Säuren zersetzbaren Silicate erstarren im gepulverten Zustande mit Säuren übergossen nach kurzer Zeit zu einer steifen Gallerte. Wendet man etwas verdünntere Säure an, so scheidet sich die Kieselsäure in Gestalt unlöslicher flockiger Klümpchen aus. Wendet man statt Pulver Stückchen an, so lässt die gallertartig ausgeschiedene Kieselsäure noch deutlich die Form der Stücke erkennen. So z. B. beim Tafelspath.

Zu den zersetzbaren Silicaten gehören die in der Mineralogie mit dem Namen der Zeolithe bezeichneten, insbesondere die wasserhaltigen, welche grösstentheils gelatiniren. Auch einige wasserleere, wie Nephelin, Elaeolith, Gadolinit und andere gelatiniren, so wie auch die Hochofenschlacken.

Die kieselsauren Verbindungen mit Krystallwasser, welche durch Säuren leicht zersetzt werden, verlieren diese Eigenschaft durch Glühen; Andere dagegen, welche im natürlichen Zustande auch als Pulver nicht von Säuren zersetzt werden, erhalten diese Eigenschaft, wenn man sie vorher stark glüht oder schmilzt. Hierhin gehören der Granat, Epidot, Idokras, Lepidolith u. A.

Die durch starke Säuren langsam zersetzt werdenden Silicate bilden keine Gallerte, sondern Kieselsäure scheidet sich als Pulver ab. Hierzu gehören sogar einige wasserhaltige Zeolithe, wie Stilbit, Epistilbit, Desmin. Im ganzen werden diese schwer und unvollkommen zerlegt und

erfordern eine längere warme Behandlung mit starker Säure. Viele, die beim gewöhnlichen Kochen durch Säuren nicht zersetzt werden, lassen sich, in Glasröhren eingeschmolzen, bei höherer Temperatur vollständig zersetzen. Die ausgeschiedene Kieselsäure, Gallerte oder Pulver, hat immer die Dichtigkeit 2,2.

Zwischen den in der Natur vorkommenden Silicaten, welche der Einwirkung der Säuren widerstehen, und jenen, welche davon zersetzt werden, findet keine strenge Gränze statt. Oft kann man durch längere Digestion und höhere Temperatur noch erreichen, was zuerst als unthunlich erschien. Im Ganzen sind die Silicate um so schwieriger zersetzbar, je mehr Kieselsäure sie enthalten, und je mehr die Basen zu der Classe der R_2O_3 Oxyde gehören. Rose bemerkt (Pogg. 108, 12) dass Analcim mit Salzsäure eine Gallerte gibt, Lencit, der ganz dieselbe Zusammensetzung wie Analcim besitzt, nur ohne Wasser und der Kali statt Natron enthält, mit Säuren eine pulverige Kieselerde geben. Der Grund ist leicht einzusehen. Analcim ist Monosilicat, Lencit ist Bisilicat.

Im Allgemeinen aber kann man festhalten, dass jede Kieselverbindung, welche durch Glühen oder Schmelzen ihre Eigenschaften verändert, vorher weder geglüht noch geschmolzen gewesen ist. Dies gilt also ebensogut für die Zeolithe, wie für den Granat, Epidot, Vesuvian.

G. Jenzsch*) führt eine amorphe Kieselerde von dem spec. Gew. 2,6 an, welche aus Verwitterung von Chalcedon entstanden sein soll. Es wäre eine weisse, leicht zerreibliche, an der Zunge haftende Substanz von dem spec. Gew. 2,591 — 2,647, löse sich in kochender kaustischer Kalilauge leicht auf und verflüchtige sich mit Fluorammonium fast vollständig. Wird ein solches Pulver mit Canadabalsam getränkt und bei Anwendung polarisirten Lichtes unter dem Mikroscope betrachtet, so stelle es sich als einfach brechend heraus.

Was die Löslichkeit in Aetzkali betrifft, so ist diese eine Function der Vertheilung. Denn da reiner Bergkrystall als Pulver nicht ganz unempfindlich gegen Aetzkali ist und die vollständige Lösung desselben nur eine Sache der Zeit ist, so ist auch erklärlich, dass aus einem Chalcedon, der kleine Mengen amorpher Kieselerde enthält, ein Rest von sehr ungleicher Vertheilung entstehen kann. Daraus erklärt sich dies scheinbar sehr verschiedene Verhalten mancher Chalcedone gegen Aetzkali, welches Rammelsberg**) ermittelt hat. Wenn demnach durch das spec. Gew. kaum eine Beimengung von amorpher Kieselerde verrathen wird, kann diese doch so vertheilt sein, dass nach ihrer Entfernung eine grosse Vertheilung der dichten Kieselerde übrig bleibt. Demnach ist die Löslichkeit in Aetzkali allein kein Kriterium der amorphen Kieselerde, wie auch schon Rammelsberg aufgestellt hat. Es

*) Pogg. 126, 497.
**) Pogg. 112, 190.

bliebe also nur der Versuch mit dem polarisirten Lichte übrig. Dieses ist aber bei feinem Pulver und Anwendung von Canadabalsam zu wenig, um einen so weit tragenden Schluss darauf zu gründen. Jenzsch hätte wenigstens den Versuch machen müssen, wie sich diese sog. amorphe Kieselerde gegen längere Weissglühhitze verhalten hätte, ob sie in die bekannte Form von spec. Gew. 2,2 übergegangen wäre, und sich nach dem Glühen gegen gleich starke Aetzkalilösung und Flusssäure nicht auch ungleich verhalten hätte. Die Versuche von Jenzsch beweisen in dieser Form gar nichts, und sie erklären sich ebenso leicht dadurch, dass der Rest der Verwitterung des Chalcedons durch Ausziehung der amorphen Kieselerde und auch eines Theiles der krystallinischen nur noch sehr fein vertheilte, dichte und krystallinische Kieselerde sei, wo dann das spec. Gew. als das Hauptkennzeichen beibehalten werden müsste.

Atomgewicht des Siliciums und der Kieselsäure. Ueber das Atomgewicht des Siliciums oder Kiesels herrscht noch eine gewisse Unsicherheit, und diese beruht auf der Schwierigkeit, die Menge der Kieselerde genau zu bestimmen und Verbindungen von einer bekannten Sättigungsstufe hervorzubringen. Die Analyse aller natürlichen Silicate hat solche Abweichungen gegen das Gesetz der bestimmten Proportionen ergeben, dass man davon gar keinen Gebrauch machen konnte. Künstliche Verbindungen von allen Oxyden mit Kieselsäure kann man auf nassem und trocknem Wege leicht darstellen, allein auch dann kennt man niemals den Sättigungsgrad. Auf trocknem Wege schmelzen Ueberschüsse von Basen und Säure mit hinein, und zu den Verbindungen auf nassem Wege muss man erst ein kieselsaures Alkali auf trocknem Wege darstellen, um durch Fällung die neue Verbindung zu erzeugen. Diese ist dann natürlich eine Copie des alkalischen Silicats, an dem man keine Sättigungsstufe wahrnehmen kann. Es lässt sich also das Atomgewicht des Siliciums nicht aus Silicaten entnehmen. Man hat deshalb einen andern Weg eingeschlagen, auf dem man den mit dem Silicium verbundenen Körper und nicht die Kieselerde selbst zu bestimmen hatte, und dazu den Chlorkiesel genommen.

Die Verbindung von Chlor mit Silicium lässt sich auf chemischem Wege darstellen, wenn man über ein erhitztes inniges Gemenge von Kieselsäure und Kohle einen Strom trocknen Chlorgases leitet. Die anzuwendende Kieselsäure muss sehr fein zertheilt sein, wie man sie durch Ausscheidung aus alkalischen Silicaten durch Säuren, oder aus Fluorkieselgas durch Wasser erhält. Man mengt diese mit einem gleichen Gewicht Kienruss innig zusammen, setzt so viel Oel dazu, dass ein dicker Teig entsteht, den man zu Kugeln formt, rollt diese in Kohlenpulver, und glüht sie in einem verschlossenen Tiegel einmal aus, um das Oel zu zerstören. Dann bringt man sie in eine Porcellanröhre, die mit einem Chlorgasentwicklungsapparat in Verbindung steht, erhitzt sie zum Glühen und leitet den Strom von trocknem Chlorgas

darüber. In dem auf der andern Seite angebrachten Kühlapparat scheidet sich Chlorkiesel als eine durch beigemengtes Chlor noch etwas gelblich gefärbte Flüssigkeit ab. Durch etwas Quecksilber kann man dies Chlor wegnehmen.

Indem der Sauerstoff der Kieselsäure von dem Kohlenstoff zu Kohlensäure und Kohlenoxydgas aufgenommen wird, tritt an die Stelle des Sauerstoffs eine aequivalente Menge Chlor, und man hat eine Chlorverbindung, welche der Sauerstoffverbindung ganz analog zusammengesetzt sein muss. Allerdings kann sich dabei auch Chlorkohlenoxydgas bilden, und dies den Chlorkiesel etwas verunreinigen, und man muss sich gegen diesen Fehler schützen. Durch mehrmalige Rectification erhält man die Verbindung ganz rein.

Der Chlorkiesel oder Chlorsilicium ist eine farblose, sehr bewegliche Flüssigkeit von 1,52 spec. Gew., welche bei 59°C. siedet, und in der feuchten Luft dicke, saure Nebel ausstösst. Seine Dampfdichte ist 5,94.

Durch Wasser wird der Chlorkiesel sogleich in Kieselsäure und Salzsäure zersetzt, und die Bestimmung der Salzsäure durch Silber gibt den Gehalt an Chlor. Setzt man an die Stelle des Chlors die aequivalente Menge Sauerstoff, so hat man die Zusammensetzung der Kieselsäure. Die Menge des zur Analyse genommenen Chlorkiesels bestimmt man in der Art, dass man es in ein gewogenes Glaskügelchen einsaugen lässt, dann das Gewicht bestimmt, dieses Kügelchen unter Wasser zerbricht, und in der Flüssigkeit das Chlor entweder durch Titriren oder durch Wägung des gebildeten Chlorsilbers bestimmt. Eine solche Analyse ergab die Zusammensetzung der Kieselsäure

zu 47,091 Silicium,
52,909 Sauerstoff,
100,000.

Eine spätere Bestimmung von J. Schiel*) ergab folgende directe Zahlenresultate:

1) 0,6738 Grm. Chlorsilicium ergeben 2,277 Grm. Chlorsilber,
2) 1,3092 „ „ „ 4,418 „ „

1) Die Nachrechnung dieser Zahlen ergibt folgende Resultate:

1) 2,277 Grm. Chlorsilber enthalten 0,56296548 Grm. Chlor, und diese entsprechen nach dem Ansatz 35,46 : 8 = 0,56296548 :

0,1269 Grm. Sauerstoff.

In den 0,6738 Grm. Chlorsilicium sind, nach Abzug des gefundenen Chlors

0,1109 Grm. Silicium enthalten.

Wir haben also in der Kieselsäure

0,1269 Sauerstoff, verbunden
mit 0,1109 Silicium, zu
0,2378 Kieselsäure.

*) Annalen der Chem. u. Pharm. 120,94.

Nehmen wir die Kieselsäure zu SiO_2 an, so erhalten wir das Atomgewicht des Silicium durch den Ansatz

0,1269 : 0,1109 = 16 : 13,982.

2) Aus der zweiten Analyse ergibt sich: 4,418 Grm. Chlorsilber enthalten 1,0923 Grm. Chlor, und dieser entsprechen 0,2464 Grm. Sauerstoff.

In den 1,3092 Chlorsilicium sind nach Abzug von 1,0923 Grm. Chlor 0,2169 Grm. Silicium enthalten.

Wir haben also 0,2464 Grm. Sauerstoff
mit 0,2169 „ Silicium
zu 0,4633 „ Kieselsäure verbunden.

Nach dem Ansatz:

0,2464 : 0,2169 = 16 : 14,082.

Es sind also die beiden Atomgewichte 13,982
14,082
und als Mittel 14,032
erhalten worden.

In ziemlich gleicher Art hat Dumas*) die
zwei Zahlen 13,96
und 14,12
und daraus das Mittel 14,04 erhalten.

Man nimmt nun bei so bewandten Umständen die Zahl 14 als Atomgewicht des Siliciums an, wenn man die Kieselsäure als SiO_2 betrachtet; indem sich 14 Silicium mit 16 Sauerstoff verbinden, entstehen 30 Kieselsäure, welche Zahl 30 dann das Atomgewicht der Kieselsäure ist, und die procentische Zusammensetzung ist nach dieser Formel

46,67 Silicium,
53,33 Sauerstoff,
100,00.

Früher gab man der Kieselsäure die Formel SiO_3, in welchem Falle der Sauerstoff um die Hälfte erhöht erscheint, so dass man auch das Atomgewicht des Siliciums um die Hälfte von 14 erhöhen und auf 21 stellen muss, damit das Verhältniss nicht geändert werde. Es wird jetzt ziemlich allgemein die Formel SiO_2 angenommen, und sowohl um diese Uebereinstimmung zu benutzen, als auch weil dadurch die Kieselsäure mit der Kohlensäure, zu welcher sie oft in Wechselbeziehung tritt, ganz gleichartig zusammengesetzt ist, erscheint es zweckmässig, dabei stehen zu bleiben.**)

Kieselsaure Verbindungen und ihre Formeln. Die natürlichen kieselsauren Verbindungen zeigen die grösste Mannigfaltigkeit in ihrer Zusammensetzung. Bald enthält die Base ebensoviel Sauerstoff als die

*) Kopp u. Liebig, Jahresbericht 1859, S. 5.

**) Vergl. O. B. Kühn im Archiv der Pharmacie (2) 101, 257.

Säure, bald nur $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$, bald das $1\frac{1}{2}$ und 2fache des Sauerstoffs der Kieselsäure, ja noch verwickeltere Verhältnisse kommen vor.

Was die Benennung der einzelnen Verbindungen betrifft, so herrscht hierin eine grosse Verwirrung. Berzelius nannte, bei der Formel der Kieselsäure SiO_3, diejenigen Verbindungen neutrale oder einfache Silicate, in denen die Säure 3mal so viel Sauerstoff enthielt, als die Base. Mit der Formel SiO_2 müssen wir natürlich diejenigen Verbindungen einfache Silicate nennen, in welchen das Sauerstoffverhältniss der Säure zur Basis wie 2:1 ist, und die Verbindungen mit dem Verhältniss 3:1 würden Sesqui-Silicate heissen müssen.

Berzelius hatte eine besondere Art Formeln eingeführt, die er mineralogische nannte, und die sich hauptsächlich auf die Silicate bezogen. Die Coëfficienten bezeichnen darin nicht die Zahlen der Atome, sondern ihre Sauerstoffantheile. In diesen Formeln bedeutet S Kieselerde, A Thonerde, F Eisenoxyd, f Eisenoxydul, Mn Manganoxyd, mn Manganoxydul, M Bittererde, C Kalkerde, K Kali, N Natron, L Lithion, Aq Wasser, R Basen von Formel M_2O_3, r Basen von der Formel MO.

Es bezeichnet z. B. die Formel



$$2\ KS^3 + 3\ AS^2$$

ein Silicat von Kali und Thonerde, in welchem 1) der Sauerstoff der Kieselerde im ersten Gliede ($2KS^3$) dreimal so gross ist, als der des Kalis; 2) im 2. Gliede ($3AS^2$) der Sauerstoff der Kieselerde zweimal so gross, als in der Thonerde, und 3) der gesammte Sauerstoff des ersten Gliedes sich zu dem des zweiten Gliedes wie 2 (1 + 3) : 3 (1 + 2), also wie 8 : 9 verhält. Dieselbe Formel schrieb Berzelius mit den chemischen Zeichen



$$2\dot{K}a\ \dddot{Si} + \dddot{Al}_2\ \dddot{Si}_2\ ;$$

nach der gewöhnlichen Schreibart mit SiO_3 würde sie lauten:



$$2(KaO + SiO_3) + Al_2O_3,\ 2SiO_3,$$

und nach der Annahme SiO_2

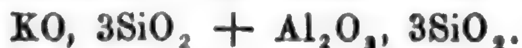


$$2KaO + 3SiO_2 + Al_2O_3 + 3SiO_2.$$

Die mineralogischen Formeln sind nach Berzelius Tode ganz aufgegeben worden, da sie nur für die sauerstoffhaltigen Verbindungen galten, und die chlor- und schwefelhaltigen eine besondere Bezeichnung erforderten, dann auch weil zweierlei Formeln zu Verwirrungen leichter Veranlassung geben.

Um die Silicate mit Worten zu bezeichnen, muss man erst feststellen, wie man es mit den Silicaten der Oxyde RO und der Oxyde R_2O_3 zu halten gedenke. Dazu gibt die Analyse des Feldspaths einen Fingerzeig.

Der Feldspath enthält nach vielen Analysen für die Formel SiO_2, 1 At. Kali, 1 At. Thonerde und 6 At. Kieselsäure. Diese 6 At. Kieselsäure kann man nur in der Art vertheilen, dass man dem Kali und der Thonerde je 3 Atome zutheilt. Es entsteht dann die Formel



$$KO,\ 3SiO_2 + Al_2O_3,\ 3SiO_2.$$

Der erste Theil der Formel $KO,3SiO_2$ würde mit 3 At. Kieselsäure als Trisilicat anzusprechen sein, und da man bei beiden Gliedern eine gleiche Stufe der Sättigung anzunehmen hat, so muss auch Al_2O_3, $3SiO_2$ als Trisilicat gelten. Bei den schwach basischen Eigenschaften des Aluminiums sind die 3 Atome Sauerstoff der Thonerde äquivalent dem einen Atom Sauerstoff im Kali.

Das Sauerstoffverhältniss der Basis zum Sauerstoff der Kieselsäure ist im ersten Gliede wie 1:6; im zweiten wie 3:6. Man ersieht also, dass es bei Beurtheilung der Sättigungsstufe der Silicate einen grossen Unterschied macht, ob man es mit den Oxyden RO oder den Oxyden R_2O_3 zu thun hat, und dass das Sauerstoffverhältniss bei beiden nicht dieselbe Bedeutung hat. Es ist deshalb am einfachsten, das Sauerstoffverhältniss ganz auf Seite zu setzen und die Benennung der Silicate nur von der Anzahl der Atome der Kieselsäure zu den Atomen der Basis zu nehmen, indem man davon ausgeht, dass die Verbindung von 1 At. Basis mit 1 At. Kieselsäure ein einfaches Silicat genannt wird.

Es ergeben sich dann folgende Bezeichnungen:

Für RO Sauerstoffverhältniss der Base z. Säure	Formel für die Basen RO	Gemeinschaftlicher Namen für beide	Formel für die Basen R_2O_3	Für R_2O_3 Säurestoffverhältniss der Base zur Säure
4 : 6	$4RO + 3SiO_2$	$\frac{3}{4}$ Silicat	$4R_2O_3 + 3SiO_2$	2 : 1
3 : 2	$3RO + SiO_2$	$\frac{1}{3}$ Silicat	$3R_2O_3 + SiO_2$	9 : 2
3 : 1	$6RO + SiO_2$	$\frac{1}{6}$ Silicat	$6R_2O_3 + SiO_2$	9 : 1
3 : 4	$3RO + 2SiO_2$	$\frac{2}{3}$ Silicat	$3R_2O_3 + 2SiO_2$	9 : 4
2 : 1	$4RO + SiO_2$	$\frac{1}{4}$ Silicat	$4R_2O_3 + SiO_2$	6 : 1
1 : 1	$2RO + SiO_2$	$\frac{1}{2}$ Silicat	$2R_2O_3 + SiO_2$	3 : 1
1 : 2	$RO + SiO_2$	**Monosilicat**	$R_2O_3 + SiO_2$	3 : 2
1 : 3	$2RO + 3SiO_2$	$1\frac{1}{2}$ Silicat	$2R_2O_3 + 3SiO_2$	1 : 1
1 : 4	$RO + 2SiO_2$	Bisilicat	$R_2O_3 + 2SiO_2$	3 : 4
1 : 6	$RO + 3SiO_2$	Trisilicat	$R_2O_3 + 3SiO_2$	1 : 2

Von diesen Verbindungen werden diejenigen, welche oberhalb des Monosilicats stehen, basische, und die darunter befindlichen saure genannt. In Bezug auf das Sauerstoffverhältniss zwischen Base und Säure heisst bei RO das Verhältniss 1:2 Silicat, bei R_2O_3 Trisilicat u. s. w. und in allen Fällen muss man bei den R_2O_3 Oxyden die erste Zahl der 5ten Colonne durch 3 dividiren, um das entsprechende Verhältniss der RO Reihe zu erhalten. Die Beachtung des Sauerstoffverhältnisses ist also immer verwirrend, wenn Oxyde der zwei verschiedenen Arten zusammen vorkommen.

Nach der Formel SiO_3 besteht der Feldspath aus KO, Al_2O_3, $4SiO_3$. Diese Bestandtheile theilt man gewöhnlich so ab



$$KO, SiO_3 + Al_2O_3, 3SiO_3.$$

Hier ist in den beiden Gliedern das Sauerstoffverhältniss dasselbe 1:3, allein das erste Glied ist ein einfaches Silicat, das zweite ein Trisilicat, analog wie im Alaun.

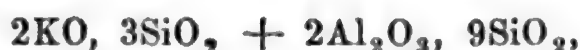
Nimmt man Kieselerde $= SiO_2$, so ergibt die Analyse des Feldspaths KO, A_2O_3, $6SiO_2$. Theilt man jedem Atom der beiden Basen die gleiche Menge Kieselerde zu, so entsteht die Formel



$$KO, 3SiO_2 + A_2O_3, 3SiO_2,$$

und nun erscheinen beide Glieder als Trisilicate, aber das Sauerstoffverhältniss ist dann wie 1:6 im ersten und wie 1:2 im zweiten Gliede.

In ganz ähnlicher Weise nennt Gmelin (Handb. der Chemie II, S. 300) die Verbindung Al_2O_3, $3SO_3$ dreifach schwefelsaure Thonerde, und (III, S. 230) Fe_2O_3, $3SO_3$ dreifach schwefelsaures Eisenoxyd. Wenn man allgemein diejenigen schwefelsauren Salze neutral nennt, in denen das Verhältniss des Sauerstoffs der Base zu dem der Säure wie 1:3 ist, so kommt man zu der Ansicht, den Alaun ein neutrales Salz zu nennen. Allein die 4 At. Schwefelsäure des Alauns haben noch 3 At. an Kali oder Natron nothwendig, um die saure Reaction wegzunehmen. Das Salz ist also ein entschieden sehr saures, und nur aus theoretischen Gründen neutral genannt. Wollte man den Feldspath, für Kieselerde SiO_2, in die Alaunformel bringen, so erhielte man die sehr unbequeme Formel



$$2KO, 3SiO_2 + 2Al_2O_3, 9SiO_2,$$

welche keine Vorzüge hat.

Wir halten also bei der Bezeichnung die Anzahl der Kieselsäureatome und nicht das Sauerstoffverhältniss fest. Die so häufig übliche Art, das Sauerstoffverhältniss sämmtlicher Basen zu dem ganzen Sauerstoffgehalt der Kieselerde zu berechnen, und den daraus erhaltenen Bruch den Sauerstoffquotienten zu nennen, führt in allen Fällen zur Verwirrung, wo wechselnde Mengen der starken und schwachen Basen vorkommen. Man hat dann zwei ganz ungleiche Verhältnisse addirt. Auch zeigen uns die kohlensauren Salze von Chromoxyd, Wismuthoxyd solche Verbindungen, worin 1 At. Kohlensäure und nicht 3 mit 1 At. des Oxyds verbunden sind.

Bei den Formeln halte ich es für bequemer, die von der neueren organischen Chemie vorgeschlagenen, wobei aller Sauerstoff zusammengelegt wird, nicht anzunehmen. Man kann es einer solchen Formel nicht ohne Berechnung ansehen, ob sie möglich ist, und die Berechnung besteht darin, dass man den zusammengelegten Sauerstoff auf die Metalle zu den bekannten binären Verbindungen vertheilt. Da unsere Erfahrungsbegriffe nur von den bekannten Sauerstoffverbindungen gelten, so müssen wir in allen Fällen auf diese zurückkommen, wenn wir die Zusammensetzung eines Minerals begreifen wollen. Auch sind diese

binären Formeln die eigentlichen empirischen, weil wir bei der Analyse die Kieselerde, die Thonerde, das Eisenoxyd als solche erhalten, und nicht als Metalle. Die Frage, ob in einem Silicate Kieselerde enthalten ist, würde ich einfach mit Ja beantworten, trotz aller gelehrten Zweifel. Wenn man geschmolzene Kieselerde in Wasser wirft, so erhält man eine Glasthräne von ungeheurer Härte. Schmilzt man nun mit der Kieselerde der Reihe nach 1, 2, 3 und mehr Procente Kali ein, so nimmt die Härte und Zähigkeit der Glasthräne ganz allmälig ab. Man sieht die Eigenschaft der Kieselerde immer noch durchleuchten, und bei 1$\frac{0}{0}$ Kali muss doch offenbar noch Kieselerde vorhanden sein. Beim fortschreitenden Zusatz von Kali entsteht kein rascher Sprung, sondern die Sprödigkeit und Löslichkeit des Kalis tritt immer mehr auf. Es ist also gar kein Grund vorhanden, an der Gegenwart wirklicher Kieselerde im Glase zu zweifeln, wenn man nicht auch daran zweifeln will, ob geschmolzene Kieselerde noch Kieselerde ist. Reine Thonerde brennt sich hart, und kieselsaure Thonerde brennt sich auch hart. Man muss also annehmen, dass Thonerde vorhanden ist; dann ist das Uebrigbleibende auch Kieselerde. Bei der Bezeichnung der Silicate durch Worte benenne ich dieselben gerade so, wie die Carbonate von gleichem Sauerstoffverhältnisse, so dass ein Bisilicat gerade so wie ein Bicarbonat constituirt ist. Im Allgemeinen rechne ich sämmtliche Atome Kieselsäure als Zähler und sämmtliche Atome Basen als Nenner eines Bruches, welcher das Silicatverhältniss bezeichnen soll. Eine Gliederung innerhalb eines einfachen Minerals nehme ich deswegen nicht an, weil man davon keine Kenntniss haben kann und sie auch häufig ganz nicht passend berechnen kann; wohl aber kennt man die Summe der Basen- und Kieselerdeatome.

Die Thonerde. Neben Kieselerde ist Thonerde in beinahe allen krystallinischen Gesteinen enthalten, welche die grossen Gebirge der Erde ausmachen.

Die Thonerde ist eine sehr schwache Basis, welche mit schwachen Säuren gar keine Verbindungen eingeht, mit starken Säuren aber solche, die sehr stark sauer sind. Die darin enthaltene starke Säure ist gar nicht gesättigt, und bedarf ebensoviel Alkali zur Sättigung, als wenn gar keine Thonerde vorhanden wäre.

Versetzt man ein Thonerdesalz mit reinem Ammoniak, so scheidet sich die Thonerde als ein weisser Niederschlag aus, der in Wasser unlöslich ist, aber etwas löslich in einem grossen Ueberschuss von Ammoniak. Die ausgeschiedene Thonerde ist löslich in reinem Kali und Natron, und man schliesst daraus auf eine schwachsaure Natur der Thonerde, die sich auch durch ihre Verbindungen mit Basen bestätigt. Die ausgewaschene Thonerde stellt ein weisses, lockeres Pulver dar, welches durch starkes Glühen dicht und hart wird. Die geschmolzene Thonerde hat ein spec. Gew. von 4,152. Die natürlich vorkommende krystallisirte Thonerde hat als Rubin das spec. Gew. 3,531, als Sapphir 3,562, als

Korund 3,944 bis 4,009. Es ist daraus ersichtlich, dass die Thonerde durch Schmelzen nicht am spec. Gewicht verliert, wie die Kieselerde, sondern vielmehr etwas zunimmt, wenn die ermittelten Zahlen richtig sind.

Die Thonerde hat die Formel Al_2O_3, analog dem Eisenoxyd und Chromoxyd, mit denen sie isomorph ist. Das Atomgewicht des Aluminiums ist 13,75, und also das der Thonerde 51,5.

Wir finden die Thonerde fast niemals in wässriger Lösung, und dann immer in unendlich kleinen Mengen. Gleichwohl gibt es eine Menge Vorkommnisse, wo sie nur in Lösung hingekommen sein kann. Ueber den Stoffwechsel der Thonerde sind wir deshalb noch im Unklaren.

Die Verbindungen der Thonerde mit Basen betrachtet man als thonsaure, Aluminate, in denen die Thonerde die Rolle einer Säure spielt. Sie kommen in Gebirgsarten in Menge nicht vor, und können deshalb hier übergangen werden.

Die Thonerde unterscheidet sich von allen andern Oxyden, die hier zur Sprache kommen, durch das Hartbrennen, was sie mit den Oxyden der R_2O_3 gemein hat. Sie schmilzt dünnflüssig, breitet sich aus und lässt sich nicht zu Kugeln schmelzen wie Kieselerde. Im Schmelzen hat sie eine Neigung zu krystallisiren, wie Gaudin anführt.

Von den übrigen in grossen Mengen vorkommenden Oxyden sind das Kali, das Natron, der Kalk, die Bittererde, Eisenoxyd und Oxydul zu erwähnen, indem wir des Raumes wegen von einer genaueren Beschreibung absehen.

Dagegen werden wir die einfachen Mineralien, welche die grosse Masse der Gebirge bauen, einer näheren Betrachtung unterziehen.

Genetische Eintheilung der Gebirge. Ehe man die Entstehung der einzelnen Gesteinsarten sicher kannte, hielt man sich bei der Aufstellung derselben an den äusseren Kennzeichen der Structur, und unterschied körnige, schiefrige, dichte, porphyrartige Gesteine, wodurch dasselbe Gestein oft in 3 Abtheilungen vorkam, die ungleichartigsten Dinge, wie Granit, Marmor und Steinsalz zusammen kamen, und die am natürlichsten verbundenen getrennt wurden, wie Granit und Gneiss. Eine andere Eintheilung in Schichtgestein, schiefrige, Massen- und Ganggesteine, wie sie B. Cotta vorgeschlagen, genügt ebensowenig, denn auch hier werden Glimmerschiefer, Gneiss, Thonschiefer, Dolomit, Brauneisenstein zusammengeworfen, und die Ganggesteine als etwas besonderes aufgeführt, was sie nicht sind, da alle krystallinische Gesteine auch noch als Ganggesteine vorkommen. Aus dem Gesichtspunkte der Geologie werden die Gebirge der Erde am besten nach der Gleichartigkeit der Entstehung eingetheilt. Dieselbe Erklärung gilt dann für eine grössere Anzahl von Gesteinen, und das Gleichartige ordnet sich von selbst zu einander. Die Anordnung nach der Zeit der Entstehung müssen wir ganz und gar fallen lassen, weil alle Bildungen gleichzeitig

auf der Erde vor sich gegangen sind und noch vor sich gehen, weil keine Bildung ausschliesslich jemals die ganze Erde bedeckt haben kann.

Die Gebirge der Erde theilen sich zunächst in Festlandbildungen und Meeresbildungen ein. Dem Festlande gehört die Kieselerde, die Thonerde, dem Meere der Kalk, die Chloride, der Gyps.

Auf dem Festlande und in ihm entstanden erkennen wir die krystallinischen Silicatgesteine.

Aus dem Meere scheiden sich ab die Kalke, das Steinsalz, die Steinkohle, und aus der Wechselwirkung von Land und Meer entstehen die schüttigen Gesteine, die Detritusbildungen Thonschiefer und Sandstein.

Aus der Zerstörung der festen Gesteine der Erde, auf dieser selbst, entstehen die losen Detritusbildungen, das Alluvium, die Ackererde; Umformungen früherer Kalkgebirge, der Süsswasserkalk; aus dem Leben von Thieren und Pflanzen die Infusorienerde, die Ablagerungen von Holzstämmen und Moosen unter Wasser, die Braunkohlen, der Torf; und endlich finden wir diese ganze Reihe von Gebilden, ohne Wahl, örtlich durch Feuer verändert, als vulkanische Gesteine. Unter Festhaltung dieser Anschauung übersehen wir den Reichthum der Erde auf der folgenden Tafel:

A) Aechte Festlandgebilde, krystallinische Silicate:

1) die vorwaltend feldspathigen:
Granit,
Gneiss,
Syenit,
Trachyt, etc.

2) die gemischt, feldspathig-augitischen: Grünsteine, Trappe,
Diorit,
Dolerit,
Melaphyr,
Basalt, etc.

3) die gemischt feldspathig-zeolithischen: Phonolithe (Klingsteine).

B) Meeresbildungen:

reine: Kohlensaurer Kalk,
Steinsalz, Gyps,
Steinkohle;
gemischte: Thonschiefer,
Sandstein.

C) Festlanddetritusbildungen und Umbildungen:
das Alluvium, die Ackererde,
Süsswasserkalke,
Infusorienerde, Tripel,
Braunkohle, Torf.

D) Vulcanische Gesteine: spätere örtliche feurige Umformungen aller vorher aufgezählten Gesteine.

Eine richtige Theilung der Arbeit verlangt, dass wir die Entstehung

der einzelnen Gebirgsarten auf ihre stofflichen und formlichen Beziehungen zurückführen. Ohne ein sicheres Kennen der Bedingungen, unter welchen die einzelnen Gesteine entstehen können und wirklich entstehen, ist eine Erklärung ihres Vorkommens und ihrer gegenseitigen Lagerungsverhältnisse ganz unmöglich. Jede Form ist aus einer andern in der Zeit entstanden und es gibt nichts Primitives, als die blose Materie ohne alle Form gedacht. Wir können das Wort primitiv deshalb gar nicht gebrauchen, weil die Materie unter allen Umständen eine Form haben muss, und weil in einer unendlichen Reihe von Formen keine die erste gewesen sein kann. Die überwiegend grosse Masse des Erdballs besteht nach aller Wahrscheinlichkeit aus krystallinischen Silicaten, und die Meeresbildungen stellen darauf nur eine sehr dünne Schichte dar. Gleichwohl erscheinen uns diese so bedeutend, weil sie auf der Oberfläche der festen Erde, dem Meeresboden, abgesetzt, diese fast überall bedecken, und oft allein unseren Nachforschungen zugänglich sind. Nur an vereinzelten Punkten treten die Silicate der Erde, durch Entblösung frei gelegt, sichtbar hervor und verrathen uns die Beschaffenheit des Erdkernes. Sowohl wegen der fast allgemeinen Ueberlagerung der Meeresgebilde, als auch weil ihre Entstehungen am leichtesten nachzuweisen und zu begreifen sind, beginnen wir mit der Erklärung der Meeresgebilde.

Meeresgebilde.

Das Meer.

Das Meer, jene grosse zusammenhängende Wassersammlung, welche $\frac{3}{4}$ des Erdballs bedeckt, hat in allen Gegenden der Erde eine ziemlich gleiche Zusammensetzung. Das specifische Gewicht des Meerwassers liegt zwischen 1,026 und 1,029. Näher am Aequator ist es etwas grösser als unter hohen Breiten, weil an letzteren die Verdunstung geringer und die Zuflüsse süssen Wassers reichlicher sind. Das spec. Gewicht ist bis zum 45° Grad in allen Tiefen gleich. Eingeschlossene Meere haben in der Regel ein geringeres spec. Gewicht; so die Baffinsbey 1,020; die Ostsee 1,014; das schwarze Meer 1,0136; dagegen hat das Mittelmeer ein etwas höheres als der grosse Ozean, weil hier gerade die Zuflüsse schwächer sind und die Verdunstung stärker ist. Das specifische Gewicht steht mit dem Gehalt an Salzen im nahen Zusammenhange; das relative Verhältniss der Bestandtheile bleibt aber bei jedem specifischen Gewichte nahezu dasselbe, indem die Zuflüsse vom Lande als blose Verdünnungen erscheinen. In der Nähe der Mündungen der Flüsse erscheint das Meerwasser verdünnter, weil das Flusswasser sich als specifisch leichter darüber lagert. Meyen bemerkte an der Abnahme des spec. Gewichts des Meerwassers die Einwirkung des Plata-Stroms schon 80 geograph. Meilen vom Lande. Wir besitzen eine grosse Menge Analysen von Meerwasser aus allen Theilen der Erde. Eine sehr schätzbare zusammenhängende Reihe von Analysen rührt von Hrn. von Bibra*) her, wo alle Analysen nach derselben Methode gemacht sind. Dann hat besonders Forchhammer in Kopenhagen sich mit dem Studium des Meeres eingehend beschäftigt, und sind dessen neueste Resultate von Bischof in der zweiten Auflage seiner Geologie (I, 440) aus einer Privatmittheilung dieses trefflichen Forschers († 1865) dem deutschen Publicum bekannt geworden.

Diejenigen Bestandtheile, welche bei einer Analyse des Meerwassers

**) Annalen der Chem. u. Pharm. 77,90.

nach Gewicht bestimmt werden können, sind als Mittel der besten und zuverlässigsten Analysen folgende:

Summe der festen Bestandtheile		3,527	$\frac{0}{0}$
Diese sind	Chlornatrium	75,786	$\frac{0}{0}$
	Chlormagnesium	9,159	„
	Chlorkalium	3,657	„
	Bromnatrium	1,184	„
	Schwefelsaurer Kalk	4,617	„
	Schwefelsaure Bittererde	5,597	„
		100,000.	

Berechnet man diese Bestandtheile auf 1000 Theile Meerwasser, so ergeben sich in 1 Kilogramm desselben

Chlornatrium	26,729	$\frac{0}{00}$	oder Gramme,
Chlormagnesium	3,220	„	„
Chlorkalium	1,289	„	„
Bromnatrium	0,417	„	„
Schwefelsaurer Kalk	1,628	„	„
Schwefelsaure Bittererde	2,024	„	„
	35,307.		

In der Aufstellung dieser Salze liegt eine gewisse Willkühr, da wir nicht wissen können, in welcher Form lösliche Salze neben einander in einer Lösung bestehen. So ist es ganz willkührlich, dass man Kalium an Chlor, das Brom an Natrium vertheilt. Allein da wir dieses auch schwerlich jemals durch Versuche werden ermitteln können, so muss eine conventionelle Form gefunden werden. Beim Chlorkalium kommt es wesentlich auf den Gehalt an Kali, beim Bromnatrium mehr auf den Gehalt an Brom an. Wollte man Kalium und Brom als solche in der Analyse aufführen, so müsste man eine entsprechende Menge Chlor oder Schwefelsäure, und für das Brom eine entsprechende Menge eines Alkalimetalles daneben freistellen und die Willkühr wäre doch vorhanden. Würde man Kali als schwefelsaures Kali aufführen, so müsste man die Schwefelsäure von der schwefelsauren Bittererde nehmen und das Chlormagnesium um die entsprechende Menge vermehren. Aus den Untersuchungen von Wüllner hat sich ergeben, dass die Dampfspannung von Salzgemengen dafür spricht, dass sämmtliche Säuren und Salzbilder mit sämmtlichen Oxyden und Metallen in Verbindung sind. Nehmen wir in obiger Analyse Schwefelsäure, Chlor und Brom einerseits, und Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium andrerseits an, so hätten wir 4 schwefelsaure Salze, 4 Chlormetalle und 4 Brommetalle, im Ganzen also 12 Salze anzunehmen. Die einzelnen Mengen von diesen Salzen wären nun doch nicht zu bestimmen, und es bliebe unmöglich, ein quantitatives Resultat nach dieser Methode aufzustellen. Die Aufstellung der Bestandtheile in der obigen Form beansprucht also nicht, dass die Salze in dieser Form vorhanden seien, sondern sie ist nur die

einfachste Form, um die Menge jedes Elementes und jeder Verbindung daraus berechnen zu können. In obiger Aufstellung sind die Elemente Chlor, Brom, Schwefel, Sauerstoff, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, 8 an der Zahl, aufgeführt. Ausser diesen enthält das Meerwasser noch viele andere Elemente, die aber in so kleinen Mengen vorhanden sind, dass sie quantitativ nicht bestimmt werden können; manche können direct gar nicht nachgewiesen werden, sondern nur aus den Aschen der Pflanzen, aus den Absätzen im Steinsalze, oder aus den Mutterlaugen der Salinen erkannt werden. Dahin gehören 9) das Jod, welches als Salzverbindung vorhanden ist. Es wird aus den Aschen der Tange gewonnen, die selbst keine Wurzeln haben, sondern ihre Nahrung mit der Blattfläche aus dem Meerwasser entnehmen. 10) Phosphor, der als Phosphorsäure vorhanden ist. Die Pflanzen nehmen sie aus dem Wasser, die Thiere aus den Pflanzen oder aus Thieren, die von Pflanzen in letzter Instanz gelebt haben, in sich auf. 11) Bor ist als Borsäure vorhanden. Sie findet sich als Boracit, Stassfurthit in den oberen Schichten des Steinsalzlagers gleichzeitig mit allen andern Bestandtheilen des Meerwassers, und kann nur aus dem Meere abstammen. Borsäure wurde von Forchhammer durch eine sehr umständliche Operation sowohl im Meerwasser, als im Fucus vesiculosus und der Zostera marina nachgewiesen. Borsäure wurde von Strecker im Meerwasser (Ann. d. Chem. u. Pharm. 95,180) und von von Bibra in Soolen (Ann. d. Chem. u. Pharm. 87,184) nachgewiesen. Vergleiche auch Bd. 100, S. 89 über die Bestimmung derselben. Man kann nicht sagen, dass das Bor vom Lande ins Meer gekommen sei; vielmehr scheint das im Festlande vorhandene Bor vom Meere abzustammen und im Kreislaufe zurückzukehren. 12) Aluminium wurde durch dieselbe Operation, wodurch die Borsäure entdeckt wurde, mit Bestimmtheit in sehr kleinen Mengen aufgefunden. 13) Baryum fand sich als schwefelsaurer Baryt in ziemlich grosser Menge in den Meerpflanzen. 14) Strontium wurde im eingedampften Meerwasser, so wie im Kesselstein der transatlantischen Dampfschiffe nachgewiesen. 15) Kiesel als Kieselsäure blieb nach dem Auflösen des eingedampften Meerwassers zurück. Der Feuerstein in der Kreide stammt von Kieselzellen ab, welche im Meerwasser wuchsen. 16) Silber wurde in dem kohlensauren Kalke niederer Meerthiere nachgewiesen und fand sich in dem Kupferbeschlag der Seeschiffe in weit grösserer Menge als in dem ursprünglichen Kupfer. 17) Kupfer kommt allgemein in den Kalkaussonderungen der Meerthiere und der Asche der Meerpflanzen vor. 18) Blei, in Pflanzen und Thieren. 19) Zink in ziemlich bedeutender Menge in Meerespflanzen, Zostera marina und Fucus vesiculosus. 20) Eisen kann unmittelbar in dem zur Trockne verdampften Meerwasser gefunden werden; in den Aschen der Meerpflanzen in ansehnlicher Menge. 21) Kobalt und 22) Nickel in Meerpflanzen. 23) Kohlenstoff in der Kohlensäure des Meeres. 24) Wasserstoff im Wasser. 25) Stickstoff als Ammoniak und absorbirtes Gas. 26) Fluor geht aus

dem Meerwasser als Fluorcalcium in die Korallen und andere Concretionen über, und wird in diesen durch Gangbildung als reiner Flussspath ausgesondert. Es dürften auch wohl alle Fluorverbindungen der Erde einmal durch das Meer circulirt haben.

Mit diesen 26 Elementen ist aber wahrscheinlich die ganze Zahl nicht erschöpft, und es sind möglicherweise noch viele andere spurweise darin enthalten, zu deren Entdeckung die richtigen Verfahrungsarten noch nicht gefunden sind. Doch hat auch die Entdeckung dieser Stoffe keinen andern Sinn, als dass sie die Liste der Stoffe um einige vermehrt. Da die meisten Vorgänge von Stoffwechsel auf der Erde durch Wasser vermittelt sind, die Stoffe also selbst in Wasser gelöst gewesen sein müssen, so ist es nicht wunderbar, dass kleine Spuren sehr vieler Elemente durch Quellen, Bäche, Flüsse ins Meer kommen.

Von flüchtigen Bestandtheilen enthält das Meerwasser Kohlensäure, freien Sauerstoff, Stickstoff, Spuren von Schwefelwasserstoff, die hier nur erwähnt werden, um an geeigneter Stelle die Ableitung und Erklärung zu geben.

Nach obiger Durchschnittsanalyse enthält das Meerwasser in 1000 Theilen 35,27 Theile fester Stoffe. Mit dieser Mittelzahl kann man die folgenden Gehalte verschiedener Meere passend vergleichen.

Salzgehalt in 1000 Theilen Meerwasser.

Atlantisches Meer zwischen Aequator um 30° N. B.	36,169,
Atlantisches Meer von 30° N. B. bis Nordspitze von Schottland und Neufundland	35,946,
Atlantisches Meer von Schottland bis Grönland	35,356,
Davisstrasse und Baffinsbay	33,176,
Nordsee	32,806,
Kattegat und Sund	15,126,
Ostsee	4,807.

Atlantisches Meer zwischen Aequator und 30° S. B.	36,472,
Dasselbe von 30° S. B. bis Südspitze von Afrika und America	35,907,
Meer zwischen Afrika und den ostindischen Inseln	33,868,
Meer zwischen der südöstlichen Küste von Asien und den ostindischen Inseln	33,506,
Meer zwischen den aleutischen und Gesellschaftsinseln	33,219,
Der Patagonische Kaltwasserstrom	33,966.

Mittelmeer bei Malta	37,936,
Schwarze und asow'sche Meer	15,894,
Das Caspische Binnenmeer	16,236.

Diese Gleichmässigkeit des Gehaltes in den grossen zusammenhängenden Meeren erklärt sich genügend durch die Bewegung des Meeres durch Winde, Stürme, Ebbe und Fluth, und die von den Passatwinden veranlassten Meeresströmungen. Ebenso erklären sich

kleine Abweichungen durch örtliche Verhältnisse. Im Mittelmeer steigt der Procentgehalt der schwefelsauren Bittererde auf 9,44 in Betreff der Salze, während er im Weltmeere nur 5,597 % beträgt. Die reichliche Korallenbildung im Mittelmeere dürfte diese Erscheinung erklären, denn dazu wird fast nur kohlensaurer Kalk und sehr wenig kohlensaure Bittererde verwendet, während die Schwefelsäuremenge durch die Korallenbildung nicht vermindert wird. Der Chlorgehalt des Mittelmeers ist am bedeutendsten in der Nähe von Malta.

Wir besitzen über das Meer eine grosse Anzahl Untersuchungen und eine ungeheure Menge von Thatsachen. Da es aber hier mehr unser Zweck ist Erklärungen als Beschreibungen der natürlichen Verhältnisse vorzubringen, so müssen wir uns in der Mittheilung vieler intressanter Thatsachen beschränken.

Die Frage nach dem Ursprung der Meeressalze ist unzulässig. Ob das Land diese Salze vom Meer oder das Meer sie vom Lande empfangen habe, kann weder durch Beobachtung noch durch Schlüsse ermittelt werden. Anzunehmen, dass der Salzgehalt vom Lande abstamme, weil alle Flüsse dem Meere gewisse Meeresbestandtheile zuführen, wie Gyps und Kochsalz, ist ganz unmöglich, weil wir in allen Fällen nachweisen können, dass diese Bestandtheile durch Steinsalzbildung dem Meere entzogen worden sind. Ein Binnensee ohne Abfluss könnte sich auf diesem Wege auf Kosten des umliegenden Landes an Meeresbestandtheilen bereichern, selbst bis zur Steinsalzbildung (Eltonsee, todtes Meer, etc.), allein das Meer kaum merkbar. Alles im Festlande enthaltene Steinsalz macht einen unendlich kleinen Bruch von dem im Meere enthaltenen aus, und es ist kaum zu vermuthen, welche Zunahme das Meer an festen Bestandtheilen erfahren würde, wenn alle Steinsalz- und Gypslager durch Flüsse ins Meer zurückgeführt würden. Darum ist es nicht ganz undenkbar, dass das Meer im Laufe der Zeiten eine etwas wechselnde Zusammensetzung zeigen würde, wenn grössere Salzablagerungen in dasselbe zurückkehrten, ohne dass entsprechende Austrocknungen statt fänden. Die Wahrscheinlichkeit ist aber dafür, dass diese beiden entgegengesetzten Wirkungen sich immer im Gleichgewicht halten werden.

Die im Meere enthaltene Kalkerde ist an ein Aequivalent Schwefelsäure gebunden, ebenso das Magnesium an Chlor und Schwefelsäure. Nun besitzt aber die Erde eine noch überschüssige Menge Kalk und Bittererde, die in den Kalkgebirgen, dem Dolomit, den labradorischen Feldspathen enthalten und an Kohlensäure und Kieselsäure gebunden sind. Es kann demnach nicht aller Kalk und alle Bittererde jemals zugleich und gänzlich im Meere vorhanden gewesen sein, weil es dazu an Schwefelsäure und Chlor fehlt. Ein Theil des Meereskalkes und der Bittererde ist deshalb immer im Kreislaufe des Festlandes vorhanden gewesen, und die Frage nach dem Anfange erscheint auch hier ganz verwirrend. Niemals konnte aller Kalk im Meere und niemals konnte

aller Kalk im Festlande vorhanden gewesen sein, und der Kreislauf ohne Anfang und Ende ist die einzige denkbare Lösung der Frage. Von dem jetzt auf der Erde befindlichen kohlensauren Kalke können wir mit Bestimmtheit nachweisen, dass er einmal im Meere gewesen ist.

Ueber die mittlere Tiefe des Meeres haben wir kaum einen nothdürftigen Begriff, da Untersuchungen grosser Meerestiefen sehr schwierig, kostspielig und unsicher sind. Von allen künstlichen Tiefemessern ist man vollständig abgekommen und auf die einfache Senkleine mit einem 9 bis 10 Pfund schweren Gewichte zurückgegangen, wobei man eine solche Vorrichtung angebracht hat, dass sich das Gewicht beim Aufstossen auf den Boden loslöst und man die leere Leine mit einem Eisenstäbchen, welches am Boden in einer Grube mit Talg eingestrichen ist, wieder hinaufzieht. Man kann denken, wie dürftig die Kenntniss des Meeresbodens ist, die man mit diesen kleinen Talggrübchen erlangen kann. Die grösste von Capt. Denham*) gemessene Meerestiefe beträgt 46236 engl. = 43382 Par. Fuss, zwischen Rio Janeiro und dem Cap der guten Hoffnung unter 36° 49′ S. Br. und 37° 6′ Westl. Länge von Greenwich. Die dabei gebrauchte Schnur mit einem Gewichte von 9 Pfund riss beim Aufziehen ab. Der Capitain hatte selbst durch dreimaliges Aufstossen den Boden recognoscirt. Fügt man diese Tiefe zu der Höhe des Himalaya mit 26438 Fuss, so erhält man die grösste bis jetzt ermittelte Höhendifferenz mit 69820 Par. Fuss, etwas über drei geographische Meilen; nahezu der Abplattung der Erde an den Polen gleich.

Kreislauf des Meeres mit dem Festlande. Die bedeutendsten Veränderungen der Erde beruhen auf einem ewigen Kreislaufe zwischen Land, Meer und Luft. Wir wollen dieselben hier nur andeuten, und einzeln in besondern Kapiteln beschreiben.

Die Verdunstung des Meeres sendet die Wolken über die Erde, welche als destillirtes Wasser überall niederfallend die Erde durchdringen, auswaschen, und Theile derselben dem Meere zuführen.

Die kugelige Gestalt des Meeres durch die Gravitation bewirkt, erhält der ganzen Erde die Kugelform, indem die über dem Meere hervorragenden Theile der Verwitterung und Vergletscherung unterliegen.

Abgeschnittene Meerestheile trocknen aus und lassen das Steinsalz auf der Erde zurück. Aus dem Umsatz des Gypses und des Chlormagnesiums mit Alkalisilicaten können Kalk- und Bittererdesilicate entstehen.

Die im Meere wachsenden Tange werden von den Meeresströmungen an bestimmte Orte geführt, wo sie versinken und den Stoff zur Steinkohlenbildung abgeben.

Die im Meere wachsenden Schalthiere setzen durch einen besonderen Stoffwechsel kohlensauren Kalk aus dem Gypse des Meeres ab und bilden die Kalkgebirge.

*) Pogg. 89,494.

Der von den Flüssen ins Meer geführte Schlamm des Festlandes legt sich schichtenweise ab, und bildet den Thonschiefer.

In den Aestuarien der Flüsse und an allen brandenden Küsten legen sich reichliche Sandmengen ab, welche aufs Festland gehoben durch Verkittung zu Sandsteinen werden. Die von den Flüssen ins Meer geführten Baumstämme können an einzelnen Orten abgesetzt und versenkt Lignite geben, oder in die Steinkohle gerathen. Endlich hat das Meer einen nicht zu verkennenden, wenn auch nicht vollständig ermittelten Zusammenhang mit den vulkanischen Erscheinungen, denn alle Vulkane liegen entweder im Meer, oder dicht an demselben, und von den erloschenen Vulkanen kann man aus bestimmten Thatsachen dasselbe schliessen. Das Meer erfüllt die Bedingungen von Erde und Luft zugleich, in Bezug auf die lebenden Organismen. Es enthält diejenigen Mineralstoffe, woraus Pflanzen ihren Körper bauen, Kohlensäure, Ammoniak, Kali, Phosphorsäure, und die organischen Stoffe, woraus Thiere ihren Leib bilden, schwefelhaltiges Albumin der Pflanzen und freien Sauerstoff zum Athmen der Thiere. Es findet darin die Bildung der Kohlensäure durch das Athmen der Thiere und die Vermoderung der Steinkohlen statt; es wird Eiweiss aus Ammoniak gebildet, und Ammoniak entsteht aus verwesendem Eiweiss.

Mit Licht und Wärme kann das Meer Jahrtausende hindurch eine unerschöpfliche Quelle neuen Lebens sein, weit eher als das Land ohne das Meer.

Wegen seiner Ausdehnung und Tiefe beträgt die Menge auch der kleinsten Bestandtheile ungeheure Grössen. Wie sich solche Stoffe sammeln können, davon haben wir in den Boracitknollen des Stassfurther Abraumsalzes den schönsten Fall. Die unendlich kleinen, für sich gar nicht nachweisbaren Mengen Borsäure concentriren sich durch Austrocknen eines abgefangenen Meeres in der Mutterlauge so weit, dass Ausscheidungen beginnen, welche nun allen in der Lösung vorhandenen gleichartigen Stoff durch Krystallisation an sich ziehen, und durch Diffusion der Flüssigkeit zerstreute Ausscheidungen auf sich selbst hinziehen und sammeln.

Das Steinsalz.

Das Steinsalz stammt unstreitig vom Meere ab. Diese Ansicht wird bestätigt durch das Vorkommen aller Meeresbestandtheile oder der meisten in demselben, und weil noch zahlreiche Oertlichkeiten auf der Erde vorhanden sind, worin noch heute eine Absetzung von Steinsalz stattfindet.

Die ganze Erde bietet unzählige Beweise von säcularen Hebungen und Senkungen. Sämmtliche im Meere ausschliesslich entstehende Gebilde, die Kalke, die Steinkohle, die Thonschiefer und der Sandstein finden sich auf dem Festlande, und würden, wenn nicht jüngerer Detritus dieselben bedeckte, den grössten Theil der Erde sichtbar einnehmen. Demnach bedürfen diese Hebungen keines ferneren Beweises. Die Senkungen werden weniger sichtlich dargethan; denn die gesenkten Theile entziehen sich durch Meeresbedeckung unserer Beobachtung und Untersuchung. Es ist aber eine Hebung ohne eine entsprechende Senkung nicht begreiflich, weil kein Stoff hinzukommt, und keine Hohlräume durch Hebung entstehen können, und auch Hohlräume nicht die Ursachen von Hebungen sein können. Wir dürfen also annehmen, dass die Meeresböden einmal aus solchen Gesteinen bestanden haben, wie sie jetzt das Festland zeigt, und dass sie im Meere mit neuen Bildungen bedeckt werden, um zu einer andern Zeit wieder zu Tage zu treten. Indem sich ein Meeresboden aus dem Meere langsam heraushebt, müssen die Vertiefungen desselben mit Meerwasser bedeckt bleiben. Längere Zeit kann das Meer die in den abgeschlossenen Meeresbecken durch Verdunstung entstehende Verminderung des Wassers ersetzen, anfänglich durch Einströmen an einer tiefen Stelle, dann eine Zeitlang durch Fluth und Stürme, zuletzt gar nicht mehr. Von nun an beginnt die Austrocknung des abgeschnittenen Meerbeckens. Die Flüssigkeit zieht sich immer mehr auf den tiefsten Punkt zusammen, bis die verdunstende Oberfläche dem auf das ganze Gebiet fallenden meteorischen Wasser das Gleichgewicht halten kann. Das Regenwasser bildet Gerinne und zieht aus dem ganzen Erdreich die Reste von Meeressalzen aus. Da wir überall auf der heutigen Erde die Vorgänge zur Erklärung der früheren Erde suchen, so liegt uns auch diese Aufgabe hier vor. Es gibt zahlreiche Beweise von dieser Abstammung des Steinsalzes. Einen

ganz vortrefflichen liefert das todte Meer in Palästina. Dieser See liegt 1341 Fuss*) tiefer als das Mittelmeer. Ein grosser Theil der Umgegend liegt ebenfalls tiefer. Wenn sich die das Mittelmeer begränzenden Länder hoben, so wurde ein Meeresstück abgeschnitten, und im Laufe der Zeit nahm das Land durch Wassergerinne seine heutige Gestalt an. Das ganze Land ist noch mit Salzgehalt durchtränkt, und die Zusammenflüsse des Regenwassers waschen den löslichen Gehalt des Landes in die am tiefsten liegende Stelle, das todte Meer; der See Genezareth (Tiberias) mit den aus den heiligen Geschichten bekannten anliegenden Städten Kapernaum, Magdala, Tiberias empfängt süsses oder wenig salziges Wasser. Aus ihm fliesst der Jordan mit einem raschen Gefälle und ergiesst sich zuletzt ins todte Meer. Wenn nach Russegger**) der See Genezareth 625 Fuss unter dem Meeresspiegel liegt, so würde der Jordan nach seinem wenigstens 48 Stunden langen Laufe ein Gefälle von 716 Fuss haben, oder wie Russegger berechnet, auf die Meile 29 bis 30 Fuss. Der Jordan empfängt auf seinem ganzen Laufe die mehr oder minder brackigen Wasser des Landes, und ergiesst seinen Inhalt in das todte Meer, welches wegen seiner tiefen Lage keinen Abfluss hat, auch keinen unterirdischen haben kann. Hier muss alles Wasser durch Verdunstung verschwinden, und der Salzgehalt sich ansammeln. Das Wasser des Jordans, 3 Stunden vom Ausfluss gefasst, enthält nach der Analyse von O. Henry***) in 100000 Theilen

Chlornatrium	52,5	Theile,
Chlormagnesium	25,0	
Chlorkalium Spur,		
Schwefels. Kalk und Bittererde	7,5	
Erdige Bicarbonate	15,2	
Kieselsäure, organische Bestandtheile	5,0	
	105,2.	

Die Analyse zeigt, dass Meeresbestandtheile im syrischen Lande enthalten sind, und zwar vorzugsweise die Bestandtheile der Mutterlauge des Meeres, die nothwendig zu oberst liegen muss. Die Zusammensetzung des Jordanwassers weicht von der aller Süsswasserflüsse wesentlich ab, wenn auch die Concentration nicht gross erscheint. Mit der Zeit dürfte der Salzgehalt des Jordans immer abnehmen, und auch in früheren Zeiten grösser gewesen sein, weil die Menge des vorhandenen Salzes im Boden eine begränzte ist.

Die Zusammensetzung des Wassers des todten Meeres ist aus vielen

*) Pogg. Annalen I. Ergänzungsband S. 356. Nach Barometerbeobachtungen aber ohne Station am Mittelmeere.

**) Pogg. 53, 186.

***) Jahrbuch der Mineralogie 1853, S. 187. Journal de Pharmacie 1852. P. 21, S. 161.

Analysen bekannt. Diese können nicht mit einander übereinstimmen, weil die Mischung selbst wandelbar ist. In der Regenzeit schwillt der See beträchtlich durch Süsswasser an, und erst im Verlaufe des Sommers findet die Eintrocknung wieder statt. Ebenso ist der Salzgehalt nahe an der Mündung des Jördans geringer, als in der entgegengesetzten Ecke, weil das süsse Wasser sich über das Salzwasser lagert. Das specifische Gewicht wurde von Herapath zu 1,172; von Marchand zu 1,185; von Booth und Muckle zu 1,227 gefunden. Die Analyse von C. G. Gmelin*) ergab in 100 Theilen:

Chlornatrium	7,078
Chlormagnesium	11,773
Chlorcalcium	3,214
Chlorkalium	1,674
Chlormangan	0,212
Chloraluminium	0,090
Brommagnesium	0,439
Salmiak	0,008
Gyps	0,053
	24,541.

Andere Analysen ergeben 22 bis 26 % fester Bestandtheile. Es sind nun hier die meisten Bestandtheile des Meerwassers vorhanden, und das Chlorcalcium, Chloraluminium wohl durch eine Wechselwirkung mit dem Festlande erst gebildet. Das Verhältniss der Bestandtheile ist aber wesentlich geändert. Das Chlorkalium, welches im Meerwasser $\frac{1}{20,7}$ vom Kochsalz beträgt, ist im todten Meere bis zu $\frac{1}{4,11}$ gestiegen. Das Chlormagnesium, welches im Meerwasser $\frac{1}{8,27}$ vom Kochsalz beträgt, ist im Wasser des todten Meeres zur $1\frac{2}{3}$fachen Menge des Kochsalzes gestiegen. Dagegen ist die Schwefelsäure, bis auf die kleine im Gyps enthaltene Menge, ganz verschwunden. Die Menge des Broms ist ansehnlich gestiegen. Aus allen diesen Verhältnissen geht mit Bestimmtheit hervor, dass Kochsalz, Gyps, Kieserit schon in grossen Mengen auf dem Boden des todten Meeres sich abgesetzt haben müssen, und dass wir also hier noch einen in Steinsalzbildung begriffenen See vor uns haben. Diese Erscheinung wird dadurch erklärlich, dass die Flüssigkeiten von ungleichem specifischen Gewichte sich ruhig übereinander lagern können; dass unten schon eine reichliche Steinsalzablagerung und darüber noch ungesättigtes Wasser gelagert sein kann.

Würde durch irgend eine Aenderung des Erdreiches der Zufluss des Jordans gehemmt oder abgeleitet, so würde der ganze See eintrocknen, und sich ein dem Stassfurther Abraumsalz ähnliches Salz der Mutterlauge obenauflagern. Die grosse Concentration des Wassers im todten Meere gestattet schon jetzt keine Lösung schwefelsaurer Salze mehr, und es müssen die im Jordanwasser enthaltenen Mengen von Gyps und

*) Würtembergische Naturwissenschftl. Abhandlungen Bd. I, Heft 3, S. 1.

Bittersalz sich allmälig als Anhydrit und Kieserit absetzen. Ebenso hat sich auch die Menge des Kochsalzes durch die wasseranziehende Kraft des Chlormagnesiums vermindert; denn während reines Wasser 26,423 % Kochsalz aufnehmen kann, enthält das in Rede stehende Wasser nur mehr 6½ bis 7 %.

Die Ufer des Jordan und des todten Meeres bestehen aus Kreidekalk, einer submarinen Bildung, welche ebenfalls für die frühere Untertauchung der ganzen Gegend unter das Meer spricht. Der Jordan führt bei Hochwasser reichlichen kalkhaltigen Schlamm mit sich, der sich im See versenkt. Nach Ehrenbergs Untersuchung braust der aus grosser Tiefe herausgenommene Schlamm mit Säuren lebhaft, und es befinden sich bereits ansehnliche Mengen dieses kalkhaltigen Schlammes, wahrscheinlich mit Kochsalz und Gypsschichten gemengt, auf dem Boden des Sees. Die Thatsache ist in sofern intressant, als sie uns zeigt, wie ein dem Meere nicht eigenthümlicher Bestandtheil, der kohlensaure Kalk, in das Steinsalz gelangen könne. Denn die Beschaffenheit des Landes, worin der Meeresarm abgeschnitten wird, kann jede beliebige sein, und Theile derselben können in die tiefste Ablagerung gelangen. So besteht das Salzgestein im Salzkammergut aus unregelmässig abwechselnden Schichten von Thon und Kochsalz, und dies lässt vermuthen, dass das umgebende Land aus Grünsteinen bestanden habe. Dass sich beide Körper schichtweise und nicht innig gemengt absetzen, liegt an dem Umstande, dass die Austrocknung des Seewassers und der Absatz von Kochsalz gerade zu einer andern Zeit als die Zuführung des Schlammes durch Hochwasser stattfinden muss.

Die Gegenwart des Chlorcalciums lässt sich durch die Wirkung des kohlensauren Kalkes auf das Chlormagnesium und die schwefelsaure Bittererde erklären; der Kalk als stärkere Basis wird kohlensaure Bittererde füllen. In gleicher Weise enthält auch die Mutterlauge der Kreuznacher Soolquelle Chlorcalcium, aber keine Spur von Gyps, und ziemlich viel Brom, wie das todte Meer. Chlormagnesium und Chlorcalcium sind wasseranziehende Salze und vermindern die Löslichkeit aller andern Salze; zunächst aber des Gypses und der schwefelsauren Bittererde fast vollständig, dann in hohem Grade die des Kochsalzes. Bei 27½ % Chlormagnesium können nur 2 % Kochsalz mehr gelöst bleiben; bei noch grösserer Concentration scheidet sich alles Kochsalz aus, und dies erklärt, wie das Abraumsalz von Stassfurth fast kein Kochsalz mehr enthält. Das Wasser des todten Meeres ist jetzt schon mit Kochsalz gesättigt, und muss fernere Zuflüsse als Steinsalz ablagern; dagegen ist es noch nicht mit Chlorkalium und Bromverbindungen gesättigt, weil ersteres leichter löslich als Kochsalz ist, und die Bromverbindungen selbst zerfliesslich sind. Ein ungeheurer Schatz von Kali und Brom ist jetzt schon in dem See enthalten, und wie verlautet, soll das Brom durch eine fabrikmässige Ausbeutung gewonnen werden.

Der Oroomiahsee im nordwestlichen Persien ist etwa 80 englische

Meilen lang und 30 breit. Er hat ebenfalls keinen Abfluss, und liegt wahrscheinlich 4000 Fuss über dem Niveau des schwarzen Meeres. Nur wenige Flüsse ergiessen sich in denselben. Das spec. Gew. des Wassers ist 1,155 und seine Zusammensetzung nach Hitchcock in die gewöhnlichen Meersalze umgerechnet folgende:

		Die Salze allein
Chlornatrium	19,05	92,70
Chlormagnesium	0,52	2,53
Schwefels. Kalk	0,18	0,88
Schwefels. Bittererde	0,80	3,89
Wasser	79,45	
	100,00.	100,00.

Hier waltet nun das Kochsalz bedeutend vor, und die Mutterlaugensalze treten zurück. Es ist also dieser See eher mit einer frischen Salzsoole zu vergleichen. Das Wasser des See's steigt im Frühjahr um 6 Fuss, überfluthet flache Landstrecken, auf denen nach dem Austrocknen im Sommer Salzbänke und Erdschichten zurückbleiben. In der Umgebung des See's befinden sich bedeutende Steinsalzlager, aus denen stark salzhaltige Wasser dem See zufliessen. Die Steinsalzproben aus jenen Gegenden zeigen sich fast als chemisch reines Chlornatrium ohne Spuren von schwefelsauren Salzen, Kalk oder Bittererdesalzen, und daher die grosse Reinheit des Oroomiahseewassers und Salzes. Gleichwohl zeigt der See nach obiger Analyse schon kleine Mengen von Mutterlaugensalzen, und es geht daraus mit Bestimmtheit hervor, dass er ebenfalls schon in Steinsalzbildung am Boden begriffen ist. Es liegt uns hier eine natürliche Salzraffinirung vor, wo bereits fertiges Salz noch einmal gelöst und an einer andern Stelle abgesetzt wird. Wir haben also einen Fall, wo ein Steinsalzlager geradezu seinen Platz wechselt, und können uns aus diesem Umstande auch das Fehlen von Anhydritschichten in diesen und andern Vorkommnissen erklären. Was uns in einem andern Falle die Abstammung vom Meere zweifelhaft machen könnte, liegt hier offen vor Augen, und man muss aus solchen Fällen geologisches Capital machen, das an einer andern Stelle benutzt werden kann.

In der grossen Niederung im nördlichen Asien, worin der Kaspisee und der Aralsee liegen, und die sich weit in das Innere des Landes bis zum Eltonsee hinzieht, befindet sich eine Anzahl von Salzseen oder Ansammlungen des in den mitgehobenen und abgeschnittenen Meereslachen enthalten gewesenen Salzes. Im Gouvernement Astrachan kennt man deren 129, von welchen 32 auf Kochsalz benutzt werden. Um Kistiar, im Gouvernement des Caucasus werden von 21 Salzseen 18 ausgebeutet. Ueberhaupt ist der ganze Boden längs des caspischen See's von der Wolga bis zum Terek so mit Salz beladen, dass nur wenige, und zwar Salzpflanzen, dort wachsen. Alle diese Thatsachen beweisen, dass diese ungeheure Ländermasse einst Meer gewesen ist, dessen Boden noch nicht einmal überall über das Niveau des Weltmeers erhoben ist.

Der Eltonsee soll noch 19 Fuss unter dem Meerspiegel liegen. Auf seinen Rändern und auf seinem Boden befindet sich überall krystallisirtes Salz. Sein Wasser ist die reine Mutterlauge des Meeres mit Chlormagnesium, Chlorkalium und schwefelsaurer Bittererde, und es ist sehr wahrscheinlich, dass sich auch hier Ablagerungen von Carnallit, Silvin und Kieserit in der Tiefe gebildet haben und noch bilden.

Wir haben ein unfertiges Stassfurth vor uns.

Die Zusammensetzung des Seewassers wechselt im Laufe des Jahres. Im Sommer scheidet sich viel Kochsalz aus und das Chlormagnesium steigt im Procentverhältniss. Wir besitzen gerade 3 Analysen von verschiedenen Jahreszeiten. Das Eltonseewasser enthielt

	nach Göbel im April	nach Erdmann im August	nach G. Rose im October
Kochsalz	13,124 %	7,451 %	3,83 %
Chlormagnesium	10,542 „	16,280 „	19,75 „

Nichts kann sprechender sein als diese Zahlen. Mit der Concentration des Chlormagnesiums nimmt der Kochsalzgehalt ab, wegen der Schwerlöslichkeit des Kochsalzes in Chlormagnesiumlösung. Im Winter scheidet sich Bittersalz (Kieserit) ab, welches sich aber in den obern Schichten im Sommer wieder löst oder in Chlormagnesium umsetzt. Die Zuflüsse des Eltonsee's, der Charisacha und Gorkoi-Jerik sind selbst schon Mutterlaugen. Der Charisacha enthält 4,065 % Kochsalz; 0,520 % Chlormagnesium, 0,124 % schwefels. Kalk und 0,283 % Bittersalz; der Gorkoi-Jerik enthält 1,683 % Kochsalz, 0,165 % Chlormagnesium und 0,207 % Chlorcalcium. Es ist also klar, dass sich aus diesen Zuflüssen nur ein sehr unreines Kochsalz abscheiden könne. Alle diese Zahlenverhältnisse lassen sich durch Mischen von Kochsalz und Chlormagnesium vollkommen nachahmen. Wenn endlich der See mit Chlormagnesium gesättigt sein wird, so wird er nur mehr 1% Kochsalz enthalten können, und er wird dann die Bildung des Abraumsalzes beginnen. Der Eltonsee liefert einen grossen Theil des in Russland verbrauchten Kochsalzes.

Andere Salzseen der grossen Kirgisischen Steppe bestätigen die mehrmal ausgesprochene Ansicht. Diese ungeheure Ländermasse konnte bei der Hebung unmöglich ganz eine solche Gestalt haben, dass das Meerwasser gänzlich in das Weltmeer hätte gelangen können. Der rothe Salzsee bei Perekop enthält grosse Mengen Chlormagnesium; der Bittersalzsee am Kigatsch, einer der Mündungen der Wolga in den Kaspisee, enthält 10,74 % Kochsalz, 9,71 % Chlormagnesium; der Salzsee Tusly 18 % Kochsalz, 5,73 % Chlormagnesium; der Bogdasee 19 % Kochsalz und 5,5 % Chlormagnesium; der Tschakrakskoisee bei Kertsch 18,10 % Kochsalz und 4,10 % Chlormagnesium, und der Stepanowasee 22,43 % Kochsalz. Der grosse Salzsee in Nordamerica, zwischen den Rocky mountains und der Sierra-Nevada in Californien ist fast mit Kochsalz gesättigt, und das gewonnene Kochsalz enthält 97 % reines Chlornatrium. Auch die Wüsten von Africa enthalten zahlreiche Steinsalzvorkommnisse.

Dieser grosse, fast horizontal erhobene Meeresboden musste grosse Mengen Meerwasser während der langsamen Hebung zum Austrocknen bringen.

Die Salzsoolen sind später entstandene Infiltrationen von meteorischen Massen in früher gebildete Steinsalzlager. Offenbar konnte Austrocknung und Auswaschung durch meteorische Massen nicht gleichzeitig geschehen. Viele Steinsalzstöcke sind durch die Soolquellen verrathen worden und haben sich beim Bohren gefunden. Andere liegen noch unbemerkt im Boden. Jede Soolquelle setzt einen Salzstock voraus, mag derselbe nun aus reinem Steinsalz oder gleichzeitig mit Schlamm und Thon abgesetztem bestehen. Das Salz muss jedenfalls im ausgetrockneten Zustande vorhanden sein, denn eine Flüssigkeit lässt sich nicht durch Verschütten bedecken, und verschüttet muss das Salz liegen, weil es tief in der Erde liegt.

Die Soolquellen unterscheiden sich durch ihren Gehalt in Menge und Beschaffenheit. Künstlich erbohrte Soolquellen werden wie natürliche betrachtet, denn die Bildung der Soole ist natürlich, nur das Herauslassen ist künstlich. Die edle Soole von Friedrichshall enthält 26,04 %; die von Clemenshall 26,39 %; von Hall 25,92 %; von Sulz 24 % feste Bestandtheile und darin sind 97 bis 98 % reines Kochsalz. Es ist eine allgemeine Beobachtung, dass die starken Soolen auch sehr rein sind, d. h. vorzugsweise Kochsalz und wenig Bestandtheile der Mutterlauge enthalten. Diese Erscheinung erklärt sich in der einfachsten Weise.

Eine Quelle, welche gesättigt hervortritt, war bis auf den Boden des Salzstocks gelangt, oder hat ihn von unten nach oben durchdrungen. Sie ist dadurch reichlich mit Kochsalz in Berührung gekommen und hat sich damit gesättigt. Ist sie dagegen von oben eindringend nur bis zur Oberfläche des Salzstocks gelangt, so hat sie vorzugsweise Mutterlaugensalze angetroffen und ist hier durch das nachdringende Wasser wieder aufgetrieben worden, ehe sie sich sättigen konnte. So ist die Soole von Kreuznach arm an Salz, dagegen gibt sie viele Mutterlauge mit Brom und Kali und Lithion, enthält aber keine Spur Gyps. Dieser Körper setzt sich zuerst bei der Eintrocknung des Meerwassers ab, er liegt also zu unterst, und das die Oberfläche des Salzstocks nur beleckende Tagewasser konnte den Gyps nicht berühren. Die Edelsoole von Reichenhall enthält, bei 23,3 % Gesammtgehalt, nur 0,20 % an Chlormagnesium von den Salzen; dagegen die Mineralquellen von Kissingen enthalten, bei einem Gesammtgehalte von 1,11 % im Ragozzi und 1,04 % im Pandur 6,07 % Chlormagnesium vom Gesammtgewicht der Salze im Ragozzi und 6,85 % im Pandur. Die salzigen Mineralquellen, wie Wiesbaden, Homburg, Kissingen, Kreuznach u. a. dürfen nur schwache Soolen sein, um getrunken werden zu können. Sie sind sämmtlich reich an Chlorverbindungen von Calcium und Magnesium, und deshalb zur Salzgewinnung nicht geeignet. Die stärksten bekannten Soolen von Friedrichs-

hall (26,04 %) und von Clemenshall (26,39 %) zeigen nur Spuren von Chlormagnesium, geben also ein sehr reines Kochsalz. Die freie Kohlensäure in den salinischen Mineralwassern Homburg, Kissingen, Nauheim und ähnlichen stammt von andern örtlichen Verhältnissen her und bedingt auch die Gegenwart von kohlensaurem Kalk, Bittererde und Eisenoxydul, die im Meerwasser fehlen.

Den vollständigsten Beweis von der Entstehung des Steinsalzes aus Meerwasser lieferte die in den letzten 15 Jahren aufgeschlossene Fundstätte von Stassfurth bei Magdeburg. Angedeutet war das Lager durch die Soolquellen zu Schönebeck. In einer vollständigen Ebene liegt ein ungeheures Lager Steinsalz etwa 1000 Fuss unter der Oberfläche der Erde, und selbst bis zu 1050 Fuss Mächtigkeit angebohrt aber nicht durchsunken. Hier fand man eigentlich die Henne auf den Eiern sitzend. Die obere, etwa 100 Fuss mächtige Schichte des sogenannten Abraumsalzes, die man früher für eine Belästigung, jetzt für den werthvollsten Bestandtheil des ganzen Lagers ansieht, enthält alle Bestandtheile des Meerwassers, und ist die eingetrocknete Mutterlauge des Meeres. Ungeheure Streifen lebhaft roth gefärbter Bänder von Carnallit, einem Doppelsalz aus Chlormagnesium und Chlorkalium wechseln mit weissen Streifen von Kieserit*), (schwefelsaurer Bittererde mit 1 At. Wasser), ab. Die rothe Färbung des Carnallits stammt von Eisenoxyd in Glimmerform, welches sich zwischen diesem Salze abgesetzt hat. Anhydrit tritt ebenfalls streifenweise dazwischen auf, und Schlieren und Knollen von Baracit (Stassfurthit) finden sich sparsamer. Hier und dort kommt reines Chlorkalium als Sylvin vor, und Tachhydrit, ein aus Chlorcalcium und Chlormagnesium bestehendes Doppelsalz. Dasselbe wurde von Rammelsberg**) untersucht und aus 1 At. Chlorcalcium, 2 At. Chlormagnesium und 12 At. Wasser bestehend gefunden. In dem wirklichen tiefer gelegenen Salzstock finden sich abwechselnde Gypslagen und ein Gypsgehalt im ganzen Steinsalz. Es ist demnach hier ein ungeheures Meeresbecken in vollständiger Ruhe einst eingetrocknet und auch, was fast einzig hier vorkommt, die Mutterlauge grösstentheils erhalten worden. Man kann an dies Vorkommen noch folgende Vermuthungen anknüpfen.

Grosse Mengen Gyps als Anhydrit müssen in den noch nicht durchbohrten Schichten des Salzstocks vorhanden sein, da die Menge des vorgefundenen nicht der Ablagerung von Kochsalz entspricht. Von den Bestandtheilen der Mutterlauge fehlt eine bedeutende Menge Chlormagnesium. Es setzt sich nämlich das Doppelsalz aus Chlorkalium und Chlormagnesium (der Carnallit) nur aus einer Lösung ab, welche eine grossen Ueberschuss von Chlormagnesium enthält. Dieses Salz, welches auf 1 At. Chlorkalium 2 At. Chlormagnesium und 12 At. Wasser***)

*) Pogg. Annalen 98,261.
**) Ebendas. 98, 263.
***) Ebendas. 98,163.

enthält, war schon von Liebig*) in der Soole von Salzhausen bemerkt worden, aus welcher es sich in Winterskälte abgesetzt hatte, und Marcet hatte es aus der letzten Mutterlauge des Meerwassers sich bilden gesehen. Bei der in Südfrankreich von Balard eingeführten Zugutemachung der Mutterlauge der Salzgärten auf Kali wurde es regelmässig als Stoff zur Kalibereitung hergestellt. Löst man dieses Salz in Wasser auf, so setzt sich beim Eindampfen reines Chlorkalium ab, und Chlormagnesium bleibt in der Mutterlauge. Erst bei einem gewissen Ueberschusse des Chlormagnesiums setzt sich wieder Carnallit ab, der dann durch Lösung in ähnlicher Weise zersetzt werden kann. Es ist dies ganz das Verfahren, dessen man sich in Stassfurth bedient, um reines Chlorkalium aus dem Abraumsalz zu gewinnen; das zuletzt gewonnene Doppelsalz wird einer neuen Operation wie rohes Abraumsalz zugefügt, und so endlich das Chlormagnesium mit einem sehr kleinen Chlorkaliumgehalt abgeschieden, und wegen seiner ungeheuren Menge kaum verwerthbar weggelassen. Nun ist aber in dem Stassfurther Abraumsalz kein überschüssiges Chlormagnesium vorhanden, und wir müssen annehmen, dass es durch nachherige Ereignisse, durch Quellen, Bäche und Flüsse wieder ins Meer zurückgeführt worden sei. Es findet sich nun auch stellenweise reines Chlorkalium als Sylvin ausgeschieden. Dies beweist, dass theilweise Wiederlösungen des bereits gebildeten Carnallits, nach Entfernung des Ueberschusses von Chlormagnesium stattgefunden haben, also beinahe solche Operationen, wie sie jetzt absichtlich in Stassfurth vorgenommen werden. Sodann scheint auch in dem Lager die Menge des Broms zu fehlen. Andeutungen sind wohl gefunden worden, aber nicht entsprechende. Im Meerwasser beträgt das Bromnatrium nahezu $\frac{1}{3}$ vom Chlorkalium. Diese Menge ist entfernt nicht im Stassfurther Lager vorhanden, und auch dies ist erklärlich, weil die Bromverbindungen sehr löslich oder zerfliesslich sind. Es ist also das Brom mit dem Ueberschuss des Chlormagnesiums ins Meer zurückgegangen. Beide Flüssigkeiten konnten an freier Luft nicht zu einem trocknen Salze werden, und mussten bei der Hebung des Lagers abfliessen oder von der bedeckenden Schicht aufgesaugt werden.

Eine Schwierigkeit der Erklärung der ganzen Erscheinung lag für Stassfurth in der nördlichen Lage und der Kälte des Klima's, um die Austrocknung zerfliesslicher Salze zu begreifen. Gehen wir hier auf die durch Versuche ermittelten Zahlen zurück. Wir besitzen von Hrn. Dr. Franz Eilhard Schulze eine sehr werthvolle Reihe von Beobachtungen über Verdunstung, aus dem Jahre 1859. Die Schrift wurde als Preisschrift von der philosophischen Facultät zu Rostock gekrönt. Die Versuche wurden ebenfalls in Rostock, also noch nördlicher als Stassfurth, angestellt. Darnach stellt sich heraus, dass die Verdunstung auch an dieser Stelle die Regenmenge auf dieselbe Fläche bedeutend überwiegt.

*) Kastner's Archiv, 9,316.

Die Beobachtungen wurden mit einem Quadratmeter (9,476 preuss. Quadratfuss) angestellt. In den 5 Monaten Juni bis October incl. waren folgende Zahlen erhalten worden.

Monat	Verdunstung in senkrechter Höhe, in Linien	Regenmenge in senkrechter Höhe, in Linien
Juni	61,5‴	11,6‴
Juli	48	14,5
August	42,3	7,2
September	18	31,2
October	10,8	6,4
	186,6	70,9

Darnach überwog die Verdunstung die Regenmenge um eine senkrechte Höhe von 116,7 Linien oder 9,64 Zoll. Allerdings sind diese Monate für die Verdunstung am günstigsten, jedoch lagen die Beobachtungen von den übrigen Monaten nicht vor.

Im Monat Mai waren 4 Regentage mit 8864 Grm. Wasser auf ein Quadratmeter; die Verdunstung betrug aber 138958 Grm.; hatte also einen Ueberschuss von 130092 Grm. Wasser auf diese Fläche. Auch in den übrigen, Tag für Tag notirten Verdunstungs- und Regenmengen findet sich ein ungeheurer Ueberschuss auf Seiten der Verdunstung. Es ist demnach nicht zweifelhaft, dass auch im nördlichen Deutschland die Verdunstung bedeutend die Regenmenge übersteige. Dazu kommt der Umstand, dass die durch Verdunstung schwerer gewordenen Flüssigkeiten zu Boden sinken, und dass in einem Salzsee tief am Boden Kochsalz sich ausscheiden könne, wenn auch das Ganze umgerührt noch nicht einmal eine gesättigte Lösung geben würde. Die Beobachtung von Liebig, dass sich Carnallit bei niederer Temperatur aus einer Mutterlauge ausgeschieden habe, macht es sogar wahrscheinlich, dass die nördliche Lage von Stassfurth der Abscheidung von Carnallit günstig sei, indem bei starker Kälte die Ausscheidung aus einer viel weniger gesättigten Lösung stattfinden kann. Wenn man demnach in der Erklärung zweifelhaft sein könnte, ob man in der Vorzeit für Stassfurth ein wärmeres oder ein kälteres Klima annehmen sollte, so würde die obige Beobachtung mehr für die letztere Annahme sprechen. Eine Temperatur von — 18 bis — 20° R., wie sie in jenen Gegenden vorkommt, würde zur Abscheidung des Carnallits weit günstiger sein, als ein auch im Winter wärmeres Klima. Dazu kommt, dass im Norden die Tage im Sommer länger sind und die Hitze so intensiv ist, wie in südlichern Lagen. Die Sommerhitze in Petersburg ist nicht weniger stark als in Venedig und Rom. Es ist demnach in der nördlichen Lage von Stassfurth keine Schwierigkeit vorhanden, die Abscheidung des Salzlagers zu

begreifen, und wir bedürfen keiner Hypothese, dass sich das Klima bedeutend verändert habe.

Beim Eindunsten des Meerwassers setzt sich der Gyps, obgleich in kleiner Menge vorhanden, wegen der grösseren Unlöslichkeit zuerst ab. In der langen und nahen Berührung mit Kochsalz und den wasseranziehenden Salzen der Mutterlauge verliert der Gyps wahrscheinlich sein Hydratwasser und scheidet sich als Anhydrit ab. Es unterliegt keinem Zweifel, dass aller Gyps, welcher sich auf der Erde vorfindet, und aus diesem aller Schwefel von dem Meerwasser abzuleiten ist; denn in den meisten Fällen findet man neben dem Gypse noch das Steinsalz, und wo letzteres verschwunden ist, oder in nicht genügender Menge vorhanden ist, um die Menge des Gypses zu erklären, muss man annehmen, dass das Salz, als sehr leicht löslich, durch eindringende Wasser abgeführt worden ist. Der Gyps verräth überall, wo er auf erster Stelle liegt, die Anwesenheit von Steinsalz, sei es nun eine frühere oder noch bestehende. Der Gyps gehört aber selbst zu den leichtlöslichen Gesteinen, und verändert deshalb durch Wasser sehr leicht seinen Platz. Er wird gelöst und an einer andern Stelle wieder abgesetzt. Aller wasserhaltiger Gyps ist aus Anhydrit entstanden, kann aber nicht wieder zu Anhydrit werden, als durch den Kreislauf ins Meer.

Wollte man annehmen, der Anhydrit sei aus Gyps durch Verlust von Wasser entstanden, so konnte er nicht krystallinisch und nicht durchscheinend sein, sondern musste das Ansehen von gebranntem Gyps annehmen. Eine Krystallisation ohne Lösungsmittel ist undenkbar, und ebenso eine Krystallisation aus einer wässrigen Lösung im wasserfreien Zustande, weil der schwefelsaure Kalk für sich nicht löslich ist, sondern nur mit 2 At. Wasser verbunden.

Ebensowenig dürfte es zweifelhaft sein, dass der auf der Erde vorhandene Bromgehalt, in welcher Verbindung immer, ursprünglich vom Meere abstamme.

Das Steinsalz hat nach seiner Entstehung keine bestimmte Ueberlagerung und Unterlagerung.

Die Eintrocknung muss auf der tiefsten Stelle des abgefangenen Meeresarmes stattfinden, gleichgültig, was für Gesteine oder Erdschichten sich hier vorfinden. Waren hier Pflanzen vorhanden, oder wurden sie von fliessenden Wässern dem Salzsee zugeführt, so müssen diese einer Vermoderung unterliegen und die häufigen Kohlenwasserstoffgasexhalationen werden damit, jedoch ohne ursachlichen Zusammenhang mit dem Steinsalze, in Verbindung stehen. Das im Knistersalz von Wieliczka enthaltene Gas ist nach Dumas brennbar und enthält nach Heinr. Rose

Kohlenwasserstoffgas	84,60,
Kohlensäuregas	2,58,
Sauerstoffgas	2,00,
Stickgas	10,35,
	99,53.

Das Gas stammt unstreitig von vermodernden Organismen her, welche die beiden ersten Bestandtheile abgeben könnten. Unter starkem Drucke eingeschlossen, bewirkt es beim Auflösen das Absprengen neuer Salzlamellen. Unter dem Mikroscope kann man keine Gasblasen wahrnehmen.

Der Umstand, dass die Zwischenlager der Steinsalzstöcke solche Thierreste enthalten, welche mit heutigen Thierarten verwandt sind, die nur im süssen Wasser leben, wie die Knochenhechte, die Störe, die Bichir- und Amiaarten, hat zu der Vermuthung geführt, dass der Salzgehalt der Meere jener Zeit nicht so bedeutend als jetzt gewesen sei. Diese Vermuthung erscheint ganz unbegründet, wenn wir die heutige Erde betrachten. Der Süsswassersee Tiberias, welcher durch seine Fische und Fischer so berühmt geworden ist, ergiesst sich durch den Jordan in das todte Meer, und auf diesem Wege können leicht Süsswasserfische lebendig oder todt in den Salzstock des todten Meeres gelangen. Die Wolga ergiesst sich in gleicher Weise in den Caspischen See und kann auch die Leichen von Stören mitbringen. Die Salzseen des südlichen Russlands haben meistens Zuflüsse von süssem Wasser, die vielleicht ursprünglich salzig waren, aber im Laufe der Zeit den Salzgehalt ihres Gebietes in den ewig verdunstenden Salzsee geführt haben. So lange uns solche Thatsachen vorliegen, ist es noch nicht an der Zeit, Hypothesen aufzustellen, die so geringe Wahrscheinlichkeit für sich haben. Wir können jetzt nachweisen, dass alle Salzstöcke aus austrocknendem Meereswasser entstanden sind, nicht aber, dass der Salzgehalt des Meeres von aufgelösten Salzstöcken herrühre. Diese Ansicht wäre erst in Ueberlegung zu ziehen, wenn sich einmal Salzstöcke finden, welche alle andern Bestandtheile des Meeres, den Gyps, die Borsäure, das Brom, das Kali und organische Stoffe nicht enthalten; und auch dann wäre noch nichts bewiesen, weil wir in Asien Fälle kennen gelernt haben, wo ein fertiger Salzstock durch Auslaugung seinen Ort verändert, und in fast vollkommener Reinheit an einem andern auftritt.

Die Erklärung der Steinsalzbildung findet demnach auf der heutigen Erde durch blose Beobachtung des Vorhandenen ihre vollständige Erledigung und für keine Art von Hypothese findet sich eine Nothwendigkeit. Ob das Salz ins Meer gekommen sei durch das Auslaugen des Landes, durch Flüsse, kann nicht nachgewiesen werden, und hebt den Kreislauf der Erscheinungen auf; dass aber alles in der Erde befindliche Steinsalz vom Meere abstamme, ist über jeden Zweifel erhaben festgestellt.

Kalkgebirge.

Stoff und Bildung. Der kohlensaure Kalk erscheint auf der Erde in Gestalt sehr mächtiger Gebirge und oft in einem Zustande von Reinheit, dass er die einzige Mineralspecies ist, welche zugleich ganze Gebirge bildet. Der Kalk ist vorhanden 1) als kohlensaurer Kalk im Marmor, dichten Kalkstein, wozu alle grossen Kalkablagerungen, der Lias, der Jura, gehören, der Kreide 2) als Silicat im Labradorfeldspath, Augit, Hornblende und in allen von diesen Mineralien zusammengesetzten Gebirgen, 3) als schwefelsaurer Kalk im Gyps, Anhydrit und im Meerwasser. Ausser diesen 3 Hauptvorkommnissen ist er mannigfaltig zerstreut 4) in der Ackererde, dem Lös, dem Mergel, und als Bestandtheil sehr vieler Mineralien. Allein diese letztgenannten Mengen sind verschwindend klein gegen die 3 zuerst genannten und können noch überall mit Sicherheit auf eine der 3 ersten Quellen zurückgeführt werden.

Wenn wir also die Entstehung der unter 1) aufgeführten Kalkgebirge erforschen wollen, so bleiben uns nur die beiden andern Quellen 2 und 3, die Kalksilicate und der Gyps übrig.

Die Zersetzung der Kalksilicate liefert allerdings kohlensauren Kalk, aber gemengt mit einem Thonsilicat, mit Quarz, in solcher Unreinheit, dass durch blosses Schlämmen daraus kein reiner kohlensaurer Kalk entstehen kann. Zudem geschieht die Zersetzung so langsam, und es ist so viel Veranlassung zur Lösung und Wegführung des ausgeschiedenen kohlensauren Kalkes vorhanden, dass auf diesem Wege Kalkgebirge nicht gebildet werden können. Der Kalkgehalt der zersetzten Kalksilicate findet sich im Detritus der Gebirge, in der Ackererde, dem Lös, dem Mergel, Thonschiefer und in Lösung in Quellen und Flüssen. Wir sind deshalb bei der Erklärung der Kalkgebirge lediglich auf die 3te Quelle angewiesen. Die auf der Erde vorkommenden Mengen an Anhydrit und Gyps sind im Vergleich zu den Kalken so spärlich, dass

sie zur Entstehung dieser nicht wesentlich beitragen können, auch finden wir auf der festen Erde keinen Vorgang, durch welchen Gyps in kohlensauren Kalk umgewandelt würde. Demnach bleibt uns das Meer als einzige und letzte Quelle des Kalkes übrig.

Im Meerwasser ist der Kalk als schwefelsaurer Kalk oder Gyps vorhanden. Versuchen wir nun eine flüchtige Berechnung, ob die darin enthaltene Menge uns berechtigt, denselben als die Quelle der Kalkgebirge der Erde anzusehen. Unter Annahme der mittleren Resultate enthält das Meerwasser 3,527 $\frac{0}{0}$ feste Bestandtheile, und diese enthalten 4,617 $\frac{0}{0}$ wasserleeren schwefelsauren Kalk. Demnach erhalten wir den Gypsgehalt des Meeres durch Multiplication dieser beiden Verhältnisse oder

$$0{,}03527 \times 0{,}04617 = 0{,}00163,$$

d. h. 1000 Gewichtstheile Meerwasser enthalten 1,63 Gewichtstheile wasserleeren schwefelsauren Kalk, den wir der Kürze wegen im Verlauf Gyps nennen wollen. Der ganze Gehalt des Meeres an diesem Stoffe lässt sich nur unter Annahme einer mittleren Meerestiefe berechnen, die allerdings nicht genau bekannt ist. Aus sehr vielen Sondirungen hat man annehmen zu können geglaubt, dass, wenn das Meer die ganze Erde, als Kugel gedacht, überfluthete, es dieselbe mit 2000 Meter Höhe bedecken würde. Diese Annahme ist sicherlich nicht zu gross, da man gerade die tiefsten Stellen des Meeres noch nicht kennt, und an vielen Stellen schon 10000 bis 12000 Fuss Tiefe gefunden hat. Bei dem Umfang der Erde von 40 Million Meter ergibt sich der Halbmesser r derselben zu 6366200 Meter, und die Kugeloberfläche = 40 Million Meter $\times$ 2 r = 509296000 Million Quadratmeter oder 509 Billion Quadratmeter.

Bei der angenommenen Tiefe des Meeres zu 2000 Meter ergibt sich das Volum des Meeres zu 1018000 Billionen Kubikmeter. Bei dem spec. Gew. des Meerwassers = 1,027 wiegt ein Kubikmeter 1027 Kilogramm, folglich wiegt das Meer 1045486000 Billionen Kilogramm.

Diese Zahl mit 0,00163 multiplicirt gibt den Gypsgehalt des Meeres zu 1704142 Billionen Kilogramm.

Wenn das spec. Gew. des Anhydrits 2,9 beträgt, so wiegt 1 Kubikmeter Gyps 2900 Kilogramm, also obige 1704142 Bill. Kilogr. geben

$\frac{1704142}{2900}$ = 587 Billionen Kubikmeter wasserleeren Gyps in runder Zahl,

und diese entsprechen einem Würfel von 83739 Meter Seite oder etwas mehr als 11 geographische Meilen, mit 1331 Kubikmeilen Inhalt.

Mit Berücksichtigung der Verwandlung in kohlensauren Kalk aus schwefelsauren würden daraus 1051 Kubikmeilen Kalkstein entstehen können, oder ein laufendes Gebirg von 1 Meile Höhe und 1 Meile Basis von 2102 geogr. Meilen Länge. Es reicht also die Menge des im Meer enthaltenen Gypses vollständig aus, um eben solche Kalkgebirge und noch grössere zu bilden, als wir heute auf der Erde besitzen, und

während der sehr langen Zeit dieser Bildung werden grosse Mengen Kalk beständig vom Lande durch Flüsse ins Meer zurückgeführt.

Das Meerwasser enthält nun nach allen Untersuchungen keinen kohlensauren Kalk, oder wenigstens so kleine Mengen, dass sie sich bei der Analyse der Beobachtung entziehen. Da wir also den schwefelsauren Kalk heranziehen müssen, so ist nachzuweisen, durch welchen Vorgang die Schwefelsäure in Kohlensäure umgesetzt wird.

Die Schwefelsäure kann nicht ohne Weiteres ausgeschieden werden, weil sonst das Meer eine saure Reaction annehmen müsste, und weil sich der kohlensaure Kalk darin allmälig wieder in schwefelsauren umsetzen müsste.

Es muss deshalb die Schwefelsäure entweder zersetzt werden, oder mit einem Körper in Verbindung treten, welcher die saure Wirkung aufhebt. Wir kennen im Leben der Thiere keinen Vorgang, welcher im Stande wäre, freie Schwefelsäure zu zersetzen oder auszuscheiden. Hier tritt die Pflanze ein. Wir wissen, dass im Leben der Pflanze durch die Wirkung des Lichts Kohlensäure und Schwefelsäure zersetzt werden. Die Kohlensäure legt ihren Kohlenstoff als Kohlenhydrat in der Pflanze nieder, der Sauerstoff wird frei und tritt aus; die Schwefelsäure verbindet ihren Schwefelgehalt mit den Elementen des Ammoniaks und mit Kohlenstoff zu schwefelhaltigem Albumin und der Sauerstoff derselben tritt ebenfalls aus. Der Kalkgehalt des Gypses verbindet sich als Aschenbestandtheil mit dem Gewebe der Pflanze. Indem die Pflanze von dem Thiere verzehrt wird, entsteht aus dem Albumin der Pflanze der lebende Körper des Thieres; die Kohlenhydrate werden in der Respiration wieder zu Kohlensäure oxydirt, und diese verbindet sich mit dem in der Pflanze als Aschenbestandtheil enthaltenen Kalk nach Oxydation des organischen Bestandtheiles zu kohlensaurem Kalke, der sich in der Schale des Thieres mit einer gewissen Menge eines sauerstoffreichen Albumingebildes, Conchiolin, niederlegt. Während das Thier längere Zeit lebt, geniesst es eine grosse Menge Pflanzen; ihren Kalkgehalt legt es gänzlich in der Schale ab, aber ihren Albumingehalt kann es nicht ansammeln, da er durch das Leben wieder verzehrt wird. Daraus erklärt sich, dass das Thier sein Leben ohne eine harte Schale beginnt, im Verlauf aber immer grössere Mengen Kalk darin ablegt, so dass zuletzt seine Schale den lebenden Körper um das Vielfache übertrifft. Aus dem Gewichte der Austerschale im Vergleich zu den wasserleeren Bestandtheilen des Körpers, und aus dem Schwefelgehalt des Albumins kann man berechnen, wie oftmal das Thier in seinem Leben sein gegenwärtiges Körpergewicht in Pflanzen verzehrt hat, unter Voraussetzung, dass sein Schwefelgehalt von Gyps abstammt. Das dem kohlensauren Kalkgehalt der Schale entsprechende Aequivalent ($\frac{16}{50}$) Schwefel, dividirt durch den Schwefelgehalt des Thieres, muss dieses Vielfache annähernd geben, weil keine andere Quelle von Kalk und Schwefel vorhanden ist. Das lebende Thier scheidet seinen Schwefelgehalt als

Schwefelsäure aus, das absterbende und verfaulende als Schwefelwasserstoff. Dieser kann im Meerwasser nicht nur nachgewiesen, sondern mit Stärkelösung und Jodlösung titrimetrisch bestimmt werden. Allein auf die Dauer kann er mit Sauerstoff nicht bestehen und geht allmälig wieder in Schwefelsäure über, und diese wird von dem kohlensauren Kalke, der durch die Flüsse im gelösten Zustande dem Meere wieder zugeführt wird, gebunden und in Gyps verwandelt. So haben wir für den Gyps einen vollständigen Kreislauf, aus Schwefelsäure in Albumin, und daraus wieder in Gyps. Dieser kann sich also der Menge nach im Meere weder vermindern, noch vermehren, sondern bleibt, bis auf die Abscheidung in Meeresbecken und Steinsalzbildung, in unveränderlicher Menge vorhanden. Dagegen der kohlensaure Kalk des Meeres wird täglich um den Gehalt des Flusswassers an Kalk vermehrt. Das Meer erhält so im Kleinen und täglich den Kalk zurück, den es durch Hebung der Länder im Grossen und zeitweilig verliert. Das Gleichgewicht dürfte wohl zu allen Zeiten nahezu dasselbe sein.

Es fragt sich nun, welches die Thiere und die Pflanzen sind, durch welche dieser Kreislauf stattfindet. Die meisten Thiere leben selbst von Thieren; da aber das Thier Schwefelsäure nicht zersetzen und kein Albumin bilden kann, so müssen wir zuletzt wieder auf die Pflanzen zurückkommen, und diese sind die Pionire des Lebens unter den unorganischen Stoffen.

Leider lassen uns unsere Forschungen hierüber sehr im Unklaren. Auf dem Lande sind wir gewohnt, die Zersetzung der Kohlensäure und die Bindung des Ammoniaks mit der grünen Farbe des Chlorophylls in stetiger Verbindung zu sehen. Die Meerespflanzen entbehren der lebhaften grünen Farbe ganz, und tiefer wachsende Pflanzen sind oft braun und roth gefärbt. Da sie aber dennoch Kohlenhydrate und Albumin enthalten, so müssen wir annehmen, dass im Meere die Zersetzung der Kohlensäure auch ohne die Entwicklung der grünen Farbe vor sich gehen könne, aber unmöglich ohne Freiwerden vom Sauerstoff. Solche farblose mikroscopisch kleine Pflänzchen finden sich als Zellenalgen, Diatomaeen, im Meere, und sie sind allerdings klein genug, um von den kleinsten Thierchen verzehrt oder ausgesogen zu werden. Im Allgemeinen liegt zwischen dem Thierreich und Pflanzenreiche eine strittige Grenzmarke neutralen Landes, von der es unsicher ist, ob sie zum Thier- oder Pflanzenreich gehört. Da die Gestalt bei diesen wenig organisirten Wesen bei weitem nicht mehr entscheidet, so läge der eigentliche Unterschied darin, ob das Wesen Kohlensäure ausscheide oder Sauerstoff, ob es Albumin von aussen aufnehme oder bilde. Man ist fast niemals im Stande, diese Frage durch eine Beobachtung oder einen Versuch zu lösen. Das Leben dieser Thiere oder Pflanzen ist ungemein langsam und ruhig; der Stoffverzehr, und dadurch auch die Neubildung, sehr unbedeutend. Nun leben alle diese Wesen nur im Meerwasser, welches schon freien Sauerstoff und freie Kohlensäure enthält, und auch für das

Leben enthalten muss; man kann also nicht finden, ob das Wesen Sauerstoff oder Kohlensäure erzeugt, als durch den Unterschied vor und nach. Da aber dieser Unterschied jedenfalls sehr klein sein wird, so bleibt es unmöglich, auf analytischem Wege diese Frage zu lösen. Könnte man diese Wesen räumlich scheiden, und auch mikroscopisch erkennen, ob sie noch leben oder abgestorben sind, so würden Thiere in einem ausgekochten Meerwasser, welches mit Sauerstoff gesättigt würde, leben können, Pflanzen in einem solchen, welches keinen Sauerstoff, aber etwa $\frac{1}{3}$ ₰ absorbirte Kohlensäure enthielte. Ich bin nicht in der Lage, diesen Versuch vorzunehmen, da man ganz frisches Seewasser, und reichlich dazu haben muss.

Im Meere kommt uns noch ein Umstand zur Hülfe. Alles, was kohlensauren Kalk abscheidet, muss Thier sein. Die Pflanze kann zwar durch Zersetzung von Kohlensäure den gelösten Kalk auf sich oder neben sich niederschlagen. Da aber das Meerwasser keinen kohlensauren Kalk gelöst enthält, so fällt diese Möglichkeit weg. Die Pflanze kann den Kalk nicht aus dem Gypsgehalt als kohlensauren Kalk abscheiden

1) weil sie nur schwefelhaltiges Albumin erzeugt, aber nicht verzehrt, wie das Thier; die dem Schwefelgehalt entsprechende Kalkmenge ist zu unbedeutend, um abgeschieden werden zu können;

2) weil die mit dem Kalke verbundene Kohlensäure ein Product des Athmens ist, und nur das Thier athmet. Die Pflanze zerlegt Kohlensäure, erzeugt sie aber nicht. Demnach können grössere Mengen kohlensauren Kalkes nicht von einer Pflanze aus Gyps abgeschieden werden.

Der Name Zoophyt oder Phytozoon ist wohl mehr aus einer Vermuthung, als aus einer Beobachtung entstanden. Nach der Biologie der Pflanzen und Thiere ist es unbegreiflich, dass ein Wesen zu gleicher Zeit Sauerstoff verbrauchen und ausscheiden soll, dass es Kohlensäure erzeuge und zersetze. Es gibt kaum grössere Gegensätze in der Natur, und dennoch sind wir häufig nicht im Stande, aus der blosen Gestalt die Stellung des Wesens in der Reihe der Organismen zu errathen. Unbedenklich scheint die Annahme, dass es nicht beide Stellungen zugleich innehaben könne.

Es unterliegt kaum einem Zweifel, dass grössere Thiere, welche sich von Meerespflanzen ernähren, ihr Leben und den Absatz des kohlensauren Kalkes in ihren Schalen auf diesen Vorgang gründen. Diejenigen, welche aber von kleineren Thieren leben, geniessen die Pflanze in zweiter, dritter oder vierter Instanz; zuletzt aber kommt die Albuminerzeugung immer der Pflanze zu. Das ganze Meerwasser ist demnach eine leibhaftige Fleischbrühe, worin alle Theile zur Ernährung des Thieres und der Pflanze vorhanden sind. Die eigentlichen Thierstoffe sind in Gestalt mikroscopischer kleiner Pflanzen und Thiere vorhanden, Kali und phosphorsaurer Kalk sind in Lösung, gesalzen ist die Suppe auch genügend, und so fängt das Leben und wechselseitige Verzehren mit den Algen und Rhizopoden an, und steigt hinauf bis zum

Haifisch und Finnfisch. Die Naturgeschichte des Meeres zeigt uns, wie jedes Thier einen Feind hat, der sich von ihm ernährt. Der Kampf ums Dasein ist im Polarmeer eben so heiss, als im mexicanischen und indischen Meere, allein der Anfang des Lebens liegt überall in den kleinsten Pflänzchen, welche als Ansiedler die Kohlensäure und das Ammoniak in Kohlenhydrate und Albumin umsetzen.

Die einfachsten aller Thiere sind die Wurzelfüssler (Rhizopoden oder Foraminiferen), welche im Jahre 1731 von dem italienischen Naturforscher Beccaría im Seewasser bei Ravenna entdeckt wurden. Lange Zeit hielt man sie für das ausschliessliche Eigenthum des adriatischen Meeres; später fand man sie in England und Frankreich. Ihre ungeheure Ausbreitung und Wichtigkeit im Meere wurde 1825 von d'Orbigny festgestellt. In ihrem, dem blosen Auge kaum wahrnehmbaren, Körper erkennt man selbst mit bewaffnetem Auge keine Spur gesonderter Theile oder bestimmter Organe. Die Masse des Leibes gleicht einem äusserst geringen Schleimtröpfchen; aber dieses bewegt sich. Zahllose lange, nur unter dem Mikroscope sichtbare, Fäden fliessen aus demselben hervor, berühren sich und fliessen wieder zusammen. Man glaubt ein Häufchen zarter Wurzelfasern zu sehen, mit deren Hülfe das Wesen sich fortbewegt; daher der Name Wurzelfüssler. In ihrer Hülle setzt sich Kalk in solcher Menge ab, dass sie zu einer festen Hülse wird. Durch unzählige Oeffnungen, foramina, woher der andere Namen, Foraminiferen, ragen die Schleimfäden hervor. Nur wenige sind einzeln; die meisten häufen sich zu zweien, dreien und mehreren zusammen, indem sich die Brut, welche wie bei den Korallen durch Sprossung geschieht, sich meist unmittelbar an das Mutterthierchen anfügt; dann auch findet Ablösung der Brut statt. Die zusammengefügten Gehäuse stellen kleine Stöckchen vor, deren Grösse dem Auge schon meistens sichtbar erscheint, mitunter sogar die Grösse einer Linse erreicht. Vieles, was man am Meeresufer als Sand zu bezeichnen pflegt, besteht aus den Gehäusen dieser kleinen Thierchen, welche unter dem Mikroscope die zierlichsten und regelmässigsten Gestalten zeigen. Sie bestehen aus so vielen Hülsen, als Thierchen im Stocke vereinigt waren, und diese sind bald perlschnurförmig, bald geknäuelt, bald in schneckenartigen Windungen zusammengefügt Ihre Kleinheit ist so ungeheuer, dass in einem Kubikfuss an 5000 Millionen enthalten sind. An den Küsten sind sie nicht so allgemein verbreitet, als in grösserer Entfernung. Das offene Meer wimmelt von ihnen. Längs der ganzen atlantischen Küste von Nordamerica bringt das Senkblei aus dem Grunde in grösseren Tiefen stets Massen dieser Thierchen, lebender, todter und ausgemoderter Hülsen. Bei den Tiefenmessungen, die zwischen Neufundland und Irland, behufs des zu legenden Telegraphentaues, gemacht wurden, sank das Senkblei zehn bis fünfzehn Fuss tief durch die lockere Schichte, die wie frisch gefallner Schnee lag. An dem Talge des Senkbleis blieben die meisten Schalen hängen. Keine Schichtenbildung auf der ganzen Erde ist von

so grosser Ausdehnung und Massigkeit, als die auf dem ungeheuren Meeresboden der ganzen Erde stattfindende der kleinen Schalthierchen.

Es ist die grosse Verbreitung und die ewige Dauer, welche die erstaunlichen Wirkungen hervorbringt. Die grösseren Muscheln und Schalthiere leben meistens näher an den Ufern und in niederer Tiefe des Meeres. Sie legen natürlich auch kohlensauren Kalk ab, allein bei weitem nicht in so ungeheurer Menge. Es vergeht kein Tag und ist niemals einer vergangen, in dem nicht Stoff zu einem künftigen Kalkgebirge abgelegt worden wäre. Gerade die massigen, dichten, homogenen Kalke sind nur aus kleinen Thierchen entstanden, während eine grössere hineingelangende Schale auf späte Zeiten ihren Abdruck oder richtiger ihren Körper zurückliess, und als etwas zufälliges zur Masse kaum beitragendes anzusehen ist. Selbst wo grosse Mengen Muscheln zusammen kamen, wurden sie durch die kleinen dazwischen versinkenden Rhizopoden verbunden und verkittet. Die Gestalt der grösseren Thiere ist oft so wohl erhalten, dass der Zusammenhang der ganzen Masse nicht durch Druck und Pressen, sondern nur durch Dazwischenlagern kleinerer Schalen erklärt werden kann. Ebenso ist einleuchtend, dass ein grösseres Thier, ein Ichthyosaurus, ein Pterodactylus in den Schnee der Rhizopoden fallend, darin einen Formabdruck zurücklassen wird, ohne selbst zum Bau des Gebirges wesentlich beizutragen.

Es ist aber nicht nothwendig, sogar nicht wahrscheinlich, dass die früheren kleinen Schalthiere genau wie die heutigen Rhizopoden waren. So wie alles Lebende andere Gestalten angenommen hat, so auch diese Thierchen. Die heutigen Wurzelfüssler dienen uns nur zum Vergleich, und zum Nachweis der Möglichkeit, und der Schluss ist nicht anzugreifen, dass, weil noch heute aus solchen kleinen Wesen ungeheure Kalkschichten gebildet werden, dies auch in früheren Zeiten in gleicher Weise hatte geschehen können und müssen. In der Kreide hat man noch zertrümmerte Gehäuse von Wurzelfüsslern erkannt, und der Kieselgehalt der Kreide, welcher sich oft zu Feuersteinknollen zusammenzieht, stammt von jenen kieseligen Algen her, welche den Kalkgehäusen beigemengt waren. Auch noch in vielen andern älteren Kalkschichten hat Ehrenberg erkennbare Reste von Wurzelfüsslergehäusen nachgewiesen und ist zu dem Schlusse gekommen, dass die meisten Kalkschichten auf diesem Wege zu allen Zeiten entstanden seien.

In stillen Meeresbusen bedeckt sich der Grund mit kleinen Schnecken von der Grösse eines Stecknadelkopfes. In einem Kubikfuss sind an 8 Millionen enthalten. Auch diese geben einen Kalkstein. Wo sie sich noch erneuern und zugänglich sind, nimmt man sie als Dünger aus dem Meeresboden, weil sie frisch noch ihren Gehalt an Phosphorsäure und Albumin haben.

Die Amöben sind nahe verwandt mit den Wurzelfüsslern. Sie sind eigentlich nichts, als ein belebtes Schleimklümpchen, eine durchsichtige, contractile Substanz, mit Spuren einer willkührlichen Bewegung. Einem

rundlichen oder zugespitzten Fortsatze, der an jeder Körperstelle entstehen kann, folgt die grössere Masse des Thieres nach; andere ähnliche Fortsätze entstehen, vergehen und erzeugen einen ewigen Wechsel der Gestalt. Es existirt kein Unterschied zwischen Haut und Inhalt. Bestimmte Bewegungsorgane können nicht vorhanden sein, da alle Theile so gleichwerthig sind, dass jedes Körnchen desselben in jedem Augenblick die Stelle mit einem jeden Andern vertauschen kann, woher auch der Namen. Gelangt eine Amöbe in die Nähe eines andern thierischen oder pflanzlichen Organismus, so giesst sie sich mit ihrem vielgestaltigen Körper um denselben herum; die Fortsätze fliessen hinter der Beute zusammen, und alles lösliche wird dem Gefangenen entzogen. Der wesentlichste Unterschied zwischen Amöbe und Foraminifere besteht darin, dass erstere nackt ist, letztere aber eine starre Hülle hat. Die Amöbe lebt von Pflanzen und wird selbst von andern kleinen Thieren verzehrt. Sie trägt also wahrscheinlich zur Kalkbildung nicht bei.

Von Foraminiferen sind über 1600 Arten bekannt, welche sich durch die Zierlichkeit und Mannigfaltigkeit ihrer Formen auszeichnen. Es gibt kugel- und flaschenförmige, gerade und gewundene; einige haben nur eine Oeffnung, andere unzählige. Eine ebenfalls bedeutende Rolle als Pflanze spielen wegen ihrer grossen Verbreitung die Diatomaceen: kleine mikroscopische Gebilde von regelmässigen, mathematischen Formen, Zirkel, Dreiecke, Parallelogramme — wie sie sich bei keiner andern Pflanze finden. Sie überziehen sich nicht mit Kalk, sondern mit Kieselhüllen. Daraus scheint auf eine pflanzliche Natur zu schliessen zu sein. Sie bereiten die Nahrung für den Wallfisch und den Eisbären vielleicht in der hundertvorletzten Instanz. Ross fand auf seinen Südpolreisen solche Diatomaceen in Tiefen von mehr als 20000 Fuss. Sie hingen am Talge des Senkbleies. Der Eiswall, welcher nach dem Südpol hin die Reise hemmte, war von Diatomaceen gebräunt. Oft bildeten sie einen schmutzigen Schaum auf der Oberfläche des Polarmeeres. Zu den wirklich kalkbauenden Wesen gehören die Korallen, welche vom Thiere nicht einmal die freie Bewegung haben. Sie müssen zu den Thieren gehören, weil sie grosse Mengen Kalk absetzen. Die Korallen, die man wegen ihrer baumförmigen Gestalt mit Unrecht Zoophyten genannt hat, haben einen weichen, walzenförmigen oder keulenförmigen Körper, der an seinem oberen Ende, wo der Mund liegt, mit einem oder mehreren Kreisen strahlenförmig gestellter Fühler besetzt ist. An seinem untern Ende ist er in der Regel festgewachsen. Als Verdauungsorgan dient entweder die Körperhöhle oder ein kurzer Darmkanal, dessen Ausgang neben dem Munde sich öffnet. Das Thier lebt von Pflanzen und Thieren, die in den Bereich seiner Fühler kommen. Es vermehrt sich durch Hervortreiben von Knospen, die meistens mit dem Mutterstock verwachsen bleiben. Aussen umgibt es sich mit einer sehr dichten, verschieden gefärbten Kalkschichte,

woraus sich der astförmig vertheilte Korallenstock bildet. Durch Anhäufung der Korallenstöcke entstehen die Korallenriffe und Felsen, und in der Südsee die ringförmigen Korallenriffe oder Atholle, über deren Entstehung man Darwin's naturwissenschaftliche Reisen nachsehe. An vielen Kalkgebirgen kann man noch aus der Structur ihre Entstehung aus korallenähnlichen Kalkthieren erkennen. Die Koralle lebt höchstens 150 bis 200 Fuss unter dem Meeresspiegel, und erstreckt nach oben ihr Wachsthum bis nahe unter dem Meeresspiegel. Viele dieser Koralleninseln der Südsee sind so steil, dass in einer Entfernung von einer englischen Meile eine Leine von 7200 Fuss Länge keinen Boden mehr fand. Man schliesst daraus, dass der Meeresboden im Sinken sei, und dass die Koralle immer bis an die Oberfläche des Meeres gewachsen sei, und dadurch diese steilen Gebirge erzeugt habe. Unzählige Korallenbänke kommen in den südlichen Meeren vor und von Längen bis zu 1000 englischen Meilen.

Hätten wir heute nicht noch Korallen auf der Erde, so wäre kein Denker jemals darauf gekommen, diese seltsame Form eines Steinthieres zu ersinnen. So geht es uns mit jenen Thieren, deren Art gar nicht mehr besteht und die doch in der Erde Reste zurückgelassen haben. Was wir durch die heutige Erde nicht erklären können, bleibt uns ewig ein Räthsel.

Die fossilen Korallenriffe des Jura zeigen ähnliche Verhältnisse, wie die der Südsee. An einigen Orten im schweizerischen Jura finden sich ringförmige Atholle, in deren Mitte man meist feinere Schlammabsätze als Zeichen grösserer Ruhe bemerkt; zahlreiche Muscheln, Schnecken, freie Korallen, Seeigel mit dünnen Schalen finden sich im Innern dieser von grösseren Steinkorallen umgebenen Räume. Alle diese Thiere, Polypen, Korallen, Seelilien stehen senkrecht auf den Flächen der untenliegenden Schichten, und zeigen, dass sie noch ihren ersten Platz behaupten. Die fossilen Korallenbänke bieten für das Studium ihrer Zusammensetzung Verhältnisse dar, welche durch die Anwesenheit des Meeres über den lebenden Korallen unerforschbar sind, nämlich für die Zusammensetzung in senkrechter Ausdehnung. Die Riffe selbst ruhen im Berner und Solothurner Jura auf kieseligen, sandigen Kalksteinen, die mit Sand- und Mergelschichten wechseln. In den untersten Schichten selbst finden sich schwammige, incrustirende, selbst Lederkorallen mit einer Menge von Muscheln und Schnecken, die gewöhnlich an Uferbildungen vorkommen. Darauf folgen platte Steinkorallen mit Austern, Seelilien und Seeigeln in den Zwischenräumen, und endlich auf diesen hügelartig bauende Asträen und Anthophylleen, mit welchen die Reihe schliesst. Die ganze Bildung dieser Korallenriffe deutet darauf hin, dass sie in geringer Tiefe auf sandigem und halbsteinigem Grunde stattfand, dass die Bildungen nicht die Höhe der Südseewälle erreichten, dass der ganze Meeresboden zur Hebung und nicht zur Senkung gelangte. Jetzt wächst die Koralle nur mehr in Meeren, deren mittlere Jahres-

temperatur bei geringen Extremen nicht unter 12° R. sinkt. Es muss also die Koralle jener Zeiten besser die Kälte ertragen haben, als die heutige, was wahrscheinlich ist, oder es kamen wärmere Meeresströme in jene Gegenden, wo wir heute noch Korallenreste finden.

Unter den Seethierresten, welche die Mastrichter Kreide bilden, spielen die Mooskorallen oder Bryozoen eine Hauptrolle. Naturbeschreibend unterscheidet man auch noch Blumenkorallen (Anthozoa), Schnörkelkorallen (Polythalamia), so wie eine Menge Echinodermata, Cormopoda, Brachiopoda, Gasteropoda, Cephalopoda. Die Unterschiede beruhen lediglich in den Formen, da alle diese Thiere in gleicher Art leben und zum Baue der Gebirge beigetragen haben. Fisch- und Säurierreste muss man als ganz zufällig und unwesentlich betrachten. Untersucht man die Kreide, so wird man zur Ueberzeugung geführt, dass während des Ablagerungsprocesses jede einzelne Schichte einmal die oberste war, und folglich vom Meereswasser, in welchem diese Thiere lebten, bedeckt wurde; jedoch lassen die Bryozoenschichten der Mastrichter Kreide erkennen, dass die Natur dieser Thiere im Laufe der Zeit sich geändert habe, und dass also die Ablagerung selbst sehr lange gedauert haben müsse. Die genaue Beschreibung dieser Thierformen hat für die Geologie weniger Werth; sie ist lediglich Gegenstand der Palaeozoologie. In den meisten Kalksteinen können wir die Thierformen gar nicht mehr erkennen, und wir schliessen, dass sie aus ähnlichen Wesen entstanden seien.

Dass die meisten Bryozoen sich in horizontaler Lage befinden, kann bei der grossen Biegsamkeit der meisten dieser Körper, und bei der Länge des Zeitraums, der zum Niederlegen derselben durch Druck von oben nöthig ist, nicht in Verwunderung setzen. Man erkennt dies aus den vielfach vorkommenden Lagen von Dentalium, wo man die röhrenförmigen runden Körperchen zu Tausenden auf der Durchschnittsfläche beobachten kann. In Folge des Druckes der überlagernden Schichten sind diese Röhren platt gedrückt und erscheinen mit länglich rundem Queerschnitt. Nur in einzelnen seltenen Fällen gelang es Ubaghs*), stark verästelte Bryozoen in senkrechter Lage anzutreffen.

Andere Vorkommnisse von einzelnen fremdartigen Thieren, wie von Bohrmuscheln, Celleporen, Escharen, Cerioporen, Idmoneen etc. sind nur örtliche, wiederholen sich nirgendwo in gleicher Weise auf der Erde, und können, wenn sie nicht gerade zu besondern Schlüssen Veranlassung geben, ganz übersehen werden. In der Kleinmalerei der Felsarten füllen diese Dinge grosse Räume aus.

Die Bryozoen sind angewachsen und auf einen festen Wohnsitz beschränkt, indem die Röhren oder Zellen fremdartige Körper kriechend bedecken und sich manchmal von ihrem Träger abwenden und zu pflanzenartigen und verästelten Formen emporwachsen. Da man nun

*) Verhandlngn. des Naturhist. Ver. von Rheinland-Westphalen, 22, S 34.

viele Bryozoen auf harten Bänken angesiedelt findet, so muss man annehmen, dass eben diese Bänke die Träger der Bryozoen, welche sich auf ihnen befinden, gewesen sind, und weil das Anheften nur während des Lebens geschehen konnte, so kann von einer Anschwemmung aus weiter Ferne keine Rede sein.

In der Mastrichter Kreide kommen zwei Bryozoenschichten vor, welche durch einen, 6 bis 9 Meter mächtigen Kreidetuff getrennt sind. Unter diesem Tuff versteht man eine amorphe Kreidemasse, in welcher wirkliche Thierformen nicht unterschieden werden können. Wir müssen aber nothwendig annehmen, dass auch hier Thierformen, etwa Foraminiferen, zu Grunde liegen, welche durch ihre Kleinheit und Zartheit ihre Gestalt nicht erretten konnten, und es deutet dies nur an, dass die Bryozoen eine sehr lange Zeit von kleineren und verschiedenartigen Thierchen bedeckt und überwuchert waren, und dann wieder an derselben Stelle von den Seiten her eingerückt sind, und dass also zu verschiedenen Zeiten Bedingungen vorhanden waren, welche den Bryozoen oder den Foraminiferen günstiger waren.

Sucht man analoge Bildungen in jetziger Zeit, so kann man das vereinzelte Auftreten von Bryozoen an Seeküsten, wo sie durch Brandung ausgeworfen werden, nicht mit den ungeheuren Ablagerungen vergleichen, wie sie sich in der Mastrichter Kreide, oder in dem Baustein von Paris, dem Kalkstein von Creil, finden. D'Orbigny fand, dass der Meeresboden um die Malwinen-Inseln (Falkland) nur aus einer ungeheuren Menge Bryozoen im Vereine mit Foraminiferen, Brachiopoden etc. besteht, und dass beim Cap Horn bei einer Tiefe von 100 Meter nur Bryozoen und Polythalamien heraufgebracht werden. Im Allgemeinen scheinen diese Thiere ein klares Wasser zu lieben. Da jede Trübung des Meerwassers nur von Flüssen abstammen kann und deshalb aus zertrümmerten Thonsilicaten besteht, so lässt sich diese Thatsache aus dem Kalkgebilde durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure nachweisen. Uebrigens gilt diese Beobachtung nicht vollständig für alle Kalke, insbesondere nicht für die des Jura, welcher ansehnliche Mengen von Festlanddetritus enthält. Eine Beobachtung kann auch auf einer Zufälligkeit beruhen, ohne einen natürlichen Grund zu haben.

Man erkennt leicht aus dem ganzen Zusammenhange der Erscheinungen, dass von einem Kreidemeer im Sinne der älteren Geologie nicht die Rede sein kann. Kalkablagerung hat zu allen Zeiten stattgefunden und dauert noch heute fort. Wer das Kreidemeer sehen will, der reise nach Havre oder Boulogne.

Jede zu frühzeitig aus dem Meere gehobene Kalkbildung wird uns als Kreide erscheinen und deshalb als von jüngerer Bildung, weil sie mit älteren Bildungen nicht bedeckt sein kann. Wegen ihrer grösseren Weichheit war sie sehr der Abnagung durch Tagewasser ausgesetzt und ist deshalb von vielen Stellen der Erde verschwunden, indem sie als Flussschlamm oder im Flusswasser gelöst dem Meere wieder zugeführt

wurde. Ohne diesen Umstand müssten Kreidebildungen die verbreitesten auf unserer Erde sein, weil das offene Meer bei seiner überwiegenden Ausdehnung nur Kreide absetzen kann, Thonschiefer und Sandstein aber näher an das Land gebunden sind. Kömmt Sand auf Kreide zu liegen, so erscheint er ebenfalls schwach gefrittet, und wird tertiärer genannt. Seine unterste Schicht ist thonig, weil der Thon weiter ins Meer hinaus gelangt, als der schwere Sand.

Dass wir keine der Kreide entsprechenden Hemmungsbildungen aus früheren Zeiten kennen, liegt in der grossen Zerstörbarkeit und Weichheit dieses Gebildes. Blieb sie bedeckt, so schritt die Verdichtung und Kalksteinbildung weiter; wurde sie entblöst, so entging sie nicht der Zerstörung und Abtragung. Es ist also wahrscheinlich, dass zu allen Zeiten solche der Kreide entsprechenden vorzeitige Hebungen stattfanden, und dass noch weiche Kalkgebirge an die Oberfläche der Erde traten, hier aber lange Zeit nicht ausdauern konnten, wodurch eben die Kreide uns überall als jüngere Bildung erscheinen muss. Auch muss die Kreidebildung sehr weit von den Mündungen grosser Flüsse auf offenem Meere, wie noch heute, stattgefunden haben, da die thonigen Verunreinigungen so äusserst unbedeutend sind.

Die von Ehrenberg*) auf mikroscopische Beobachtungen hin ausgesprochene Ansicht, dass viele, wahrscheinlich sämmtliche Kreide, das Product mikroscopischer, dem blosen Auge unsichtbarer Korallenthierchen mit Kalkschalen, und anderer mit Kieselschalen von $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{288}$ Linie Grösse seien, findet demnach in dem chemischen Vorgange eine vollkommene Bestätigung, und es kann dasselbe auch a contrario bewiesen werden, weil es absolut unmöglich ist, auf der Erde einen andern Vorgang nachzuweisen, durch welchen auf unendliche Dauer hin aus Gyps kohlensaurer Kalk ausgeschieden werden könnte.

Die Schalen der Meeresthiere sind gegen die Wirkung der freien Kohlensäure im Meerwasser durch ihren Gehalt an organischen Stoffen wesentlich geschützt, wie unter Steinkohle näher besprochen werden wird.

Das Wachsen der Schale des Thieres ist ein wirklicher Lebensvorgang und nicht eine unorganische Aneinanderlagerung von Stoff an Stoff nach den Gesetzen der Cohäsion. Wäre es anders, so müsste man im ausgewachsenen Thiere noch die Gestalt des jungen Thieres im Queerschnitt oder Bruch erkennen können, was nicht der Fall ist; es muss also das Wachsthum mit der Entwicklung der Zähne und Knochen im höheren Thiere gleichgestellt werden.

Fossile Schalen brausen stärker mit Säuren als frische, weil in ihnen die organische Substanz zerstört oder vermindert ist. In geologischer Bedeutung hat dieser organische Stoff in den Kalkschalen die Wirkung, dass er die Lösung des kohlensauren Kalkes im Meere ver-

*) Pogg. 47,505.

zögert oder verhindert, also die Entstehung der Kalkgebirge mit bedingen hilft. Ferner erzeugt er die Farbe des Kalksteines, weil durch seine Vermoderung gefärbte organische Stoffe sich bilden, welche im Kalke bleiben, oder nach Ausziehung des Kalkes als Asphalt sich zusammenballen. Eine Kalkschale, welche nur 1 % Conchiolin enthält, kann einen farblosen Kalkstein, und diejenige, worin der kohlensaure Kalk auf 12 % vermindert ist, einen dunkelgefärbten Stinkkalk geben.

Eigentliche Kalkbildung, d. h. erste Absetzung von kohlensaurem Kalk aus einem Stoff, der keinen kohlensauren Kalk enthält, findet auf der Erde einzig und allein nur im Meere statt, und hier auch nur durch jenen verwickelten Vorgang, den wir dargestellt haben.

Auf dem Festlande würde das Begegnen von kohlensaurem Natron und Gyps in Lösung allerdings einen Absatz von kohlensaurem Kalke erzeugen können; allein ein solches Begegnen findet ja fast gar nicht statt. Das kohlensaure Natron kann nur von ausgelaugten Trachyten und Basalten herrühren, und die Gegenwart von Gyps könnte zufällig von einer früheren Meersalzablagerung abstammen. Begegnen sich beide, so entsteht ein glaubersalzhaltiges Wasser, welches mit freier Kohlensäure als Mineralwasser zu Tage tritt, wie Karlsbad, Ems, Neuenahr. Aber nur sehr wenige dieser Quellen enthalten so viel kohlensauren Kalk, dass sie solchen als Sinter absetzen, wie von den genannten Quellen allein Karlsbad. Der hier entstehende Absatz oder Sprudelstein ist eine wirkliche Neubildung, wenn der Kalkgehalt des Wassers von Gyps abstammt, wofür der hohe Gehalt von Glaubersalz spricht; es würde aber nur eine Umbildung sein, wenn der kohlensaure Kalk einfach gelöst und wieder abgesetzt wäre. Wenn man unter dem Namen Süsswasserkalk solche Tuffe oder Travertine versteht, deren Absatzwasser zugleich Glaubersalz enthält, so mag die Benennung ihre Berechtigung haben. Es ist dann ein durch einen chemischen Zersetzungsprozess ausgeschiedener kohlensaurer Kalk vor uns. Dieser Fall kann aber gerade im Meere nicht vorkommen, wegen der grossen Menge von Chlormagnesium, Bittersalz und Gyps und wegen des entsprechenden Mangels an kohlensaurem Natron. Enthalten aber die kalkabsetzenden Wasser kein Chlor und keine Schwefelsäure, so ist kohlensaurer Kalk in Kohlensäure gelöst gewesen, und durch Verlust der Kohlensäure wieder abgesetzt worden. In diesem Falle ist es keine Neubildung, sondern eine Umbildung, eine Veränderung der Form, wie manche Oolithe. Alle diese Vorkommnisse sind unbedeutend gegen die ächten Meereskalke, welche immer den Stoff hergeben mussten. Es kann sich aber kein Süsswasserkalk in einem Landsee in ähnlicher Art bilden, wie im Meere, weil der Landsee keinen Gyps enthält, oder viel weniger als das Meerwasser, und weil die Landseee immer reichlich mit Schlamm von den durchfliessenden Bächen oder Flüssen versehen werden. Wir kennen auf der ganzen Erde keinen See, welcher so kalkhaltig wäre, dass er am Boden reinen kohlensauren Kalk zugleich mit den Schalen der

Crustaceen und Schnecken absetzte, weshalb das Vorkommen von Süsswasserthierresten noch kein Beweis für die Bildung in süssem Wasser ist. Zudem ist noch gar nicht nachgewiesen, ob die Thiere, welche Kalk absetzen, denselben einfach aus seiner Lösung in Wasser entnehmen können, und nicht vielmehr denselben, wie im Meere, aus den Aschenbestandtheilen der Pflanzen, welche sie geniesen, entnehmen müssen.

Die im Meere gebildeten ungeheuren Kalkablagerungen werden im Laufe der Zeiten langsam aus dem Meere herausgehoben, und erleiden grosse Veränderungen der innern Beschaffenheit. Da wir die deutlichsten Spuren von Meeresthieren auf 6000 Fuss hohen Gebirgen wiederfinden, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass sie durch Hebung dahin gekommen sind. Von der Natur des abgelagerten Kalkthierchens und der Zeit hängt es ab, ob man noch Spuren der Gestalt erkennt, oder ob jede, auch die kleinste Spur, endlich verschwunden ist. Diejenigen Thierchen, deren Schalen mehr Gallerte enthielt, konnten einen blauen, mit Bitumen durchdrängten Kalk geben; andere an Gallerte ärmere einen blendend weissen. Eine langdauernde Durchdringung mit kohlensaurem Wasser musste jede Spur organischer Formen vernichten und eine krystallinische Beschaffenheit erzeugen, so dass man mit Recht die sehr krystallinischen Kalke für höheren Alters hält. Der auf dem Festlande befindliche kohlensaure Kalk wurde durch Verwitterung, Regengüsse, Schneeschmelzen verkleinert, abgewaschen und mit dem Detritus der Silicatgesteine gemischt. Daraus konnte er wieder durch Kohlensäure ausgezogen und an einer andern Stelle als Sinter oder Süsswasserkalk niedergelegt werden. Diese Bildungen sind unbedeutend gegen die ächten Meereskalke. Der im Lande zerstreute Kalk geräth in kohlensaurer Lösung in Bäche und Flüsse, und mit diesen ins Meer, wo er von der aus der Verwesung der Thiere entstehenden (Schwefelwasserstoffreste) Schwefelsäure wieder in Gyps verwandelt wird und zu einem neuen Kreislauf bereit ist.

Der kohlensaure Kalk gehört an sich zu den leichter löslichen Gesteinen im Vergleiche zu den Silicaten; er löst sich in 10000 Theilen reinen Wassers und in viel weniger eines kohlensäurehaltigen auf. So sind denn auch die Kalkgebirge wegen ihrer Weichheit leichter zerstörbar, wie die Trübheit der Flüsse und Bäche in Kalkgegenden zeigt, und wegen ihrer Löslichkeit, wie der Kesselstein in Wasserkesseln beweist. Beide Ursachen greifen die Kalkgebirge auf der Oberfläche und im Inneren an. Dort, wo sich Spalten finden und wo meteorische Wasser eindringen, findet stets ein Auswaschen von kohlensaurem Kalke statt. Ein glänzend polirtes Monument aus schwarzem Marmor von der Lahn hatte in 8 Jahren durch den Regen seine Politur verloren, und von nun an war der Angriff der Atmosphäre kräftiger geworden. Das eindringende Wasser bildet Schlotte, Trichter, Brunnen, Röhren, Höhlen. Durch Einstürzen der allmälig dünner werdenden Decken entstehen Erdfälle. Ein See in Dänemark, der Norrsee, leerte sich vor einigen Jahren

durch eine Einsenkung des Bodens aus, ohne dass man den unterirdischen Abfluss des Wassers hätte verfolgen können. — In der ganzen Gegend leiten die Landleute die Wassergerinne in die trichterförmigen Vertiefungen der Erdfälle, wo das Wasser spurlos verschwindet. Alle diese Erdfälle liegen im Kreidegebirge. Die grössten Höhlen der Erde liegen im Kalkgebirge und können wohl nicht anders als durch Auswaschungen entstanden sein.

Andere Ansichten. Die oben entwickelte Theorie der Kalkablagerung aus dem Gypsgehalt des Meeres durch Vermittlung der Pflanzen, zeitweilige Zerstörung der Schwefelsäure in der Pflanze und Wiederbildung nach dem Absterben des Thieres, lässt sich nicht mit der Ansicht von Bischof in Einklang bringen. Derselbe sagt in der neuen Auflage seiner chemischen Geologie I, S. 501: „Alle Kalkabsätze im Meere, die Bildung der Muschelschalen, die Korallenbänke etc. verdanken mithin ihren Ursprung dem im Meerwasser aufgelösten kohlensauren Kalk." Diese Stelle ist so bestimmt und ausschliessend, dass der Verfasser eine zweite Ansicht über die Entstehung der Kalkablagerungen nicht haben kann; auch entwickelt er diese Ansicht von S. 572 an unter der Ueberschrift: „Absätze im Meere durch organische Thätigkeit." Ich würde die Bedeutung dieser Autorität nicht hoch genug anschlagen, wenn ich diesen Widerspruch der Meinung nicht hier zur Sprache brächte.

Zunächst fehlt auf der hohen See dieser Gehalt an kohlensaurem Kalke gänzlich, und ist also auch der Stoff zu einer solchen Bildung nicht vorhanden. Dann lässt sich doch nicht in Abrede stellen, dass die Pflanzen des Meeres, von der einzelligen Alge an bis zum Riesentang, schwefelhaltiges Albumin enthalten, und dass dieser Schwefelgehalt von zersetztem Gyps abstammen muss, und dass alle Thiere des Meeres den Eiweissgehalt ihres Körpers, einschliesslich des Schwefels von der Pflanze in erster Instanz erhalten. Wenn nun ein Theil Gyps durch das Wachsthum der Pflanze seinen Schwefelsäuregehalt verliert, so muss doch auch nachgewiesen werden, was aus seinem Kalkgehalt wird, und da bleibt keine andere Möglichkeit übrig, als dass er in Verbindung mit der durch den Lebensact erzeugten Kohlensäure in der Schale des Thieres abgelegt wird. Es ist ferner nicht zu läugnen, dass der Schwefelgehalt der Thiere bei der Verwesung in Schwefelwasserstoff und schliesslich durch Oxydation in eine gleich grosse Menge von Schwefelsäure übergehe, als diejenige war, durch deren Zersetzung es entstanden ist. Wenn nun der Kalk des Gypses, aus welchem Albumin seinen Schwefelgehalt nahm, in der Schale des Thieres abgelagert bleibt, so muss die regenirte Schwefelsäure entweder als freie auftreten, oder die Kalkschale wieder in Gyps verwandeln, oder sich mit dem aus den Flüssen zugeführten kohlensauren Kalke zu Gyps verbinden. Nun zeigt aber weder das Meer eine saure Reaction, noch enthalten die Kalkgebirge Gyps, es bleibt also nur der dritte Fall übrig, dass die Schwefelsäure mit dem

kohlensauren Kalke von neuem Gyps bildet, und damit stimmt trefflich die Beobachtung, dass das Meer an den Mündungen der Flüsse kohlensauren Kalk in Lösung, auf der Hochsee aber nicht mehr enthält. Wenn endlich noch der Fall in Aussicht genommen würde, dass der Schwefelwasserstoff des faulenden Thieres nur seinen Wasserstoff verlöre und der Schwefel als trüb machende Substanz sich absetzte, so müssten alle Meeresabsätze schwefelhaltig sein, was sie aber nicht sind, und es muss deshalb die vollständige Oxydation des Schwefelwasserstoffs als unbestritten angenommen werden. Die Ansicht von Bischof gestattet also nur einfach einen Kreislauf des kohlensauren Kalkes durch Lösung aus den Gebirgen ins Meer, und aus dem Meer durch Aufnahme in die Schalen der Thiere in das Kalkgebirge, aber sie gibt keine Rechenschaft von dem Leben der Pflanzen und Thiere; sie nimmt einen Gehalt an kohlensaurem Kalk an, wo er nach den Versuchen nicht vorhanden ist, und wo er auch durch die Oxydation des Schwefelwasserstoffs nicht vorhanden sein kann; sie gestattet nicht die Bildung von schwefelhaltigem Albumin, weil sie für den Kalkgehalt des Gypses keine Verwendung hat.

Eine andere Ansicht über die Ablagerung der Kalkgebirge stammt von meinem Freunde Otto Volger. In seinem Werke „Erde und Ewigkeit“ leitet er (S. 393) den kohlensauren Kalk von der Zersetzung des Gypses durch das im Blute der Weichthiere nachgewiesene kohlensaure Natron ab, und S. 373 sagt er: „Die Schwefelsäure der schwefelsauren Erden, Gyps, Bittersalz, wird im Thierkörper grösstentheils zerstört und der Schwefel geht in die wichtigsten Lebensstoffe über. Die Menge des im Körper abgeschiedenen Schwefels ist ausserordentlich gross.“

Ich habe gegen diese Ansicht einige wichtige Bedenken. Das Thier, welches in seinem Körper einen lebhaften Oxydationsprocess unterhält, kann keine Schwefelsäure zersetzen; diess ist eine Function der Pflanze. Während die Muskelsubstanz durch Oxydation den Stoffwechsel vollendet, wozu der freie Sauerstoff des Meerwassers verwendet wird, kann nicht gebundener Sauerstoff aus einer andern Verbindung aufgenommen werden. Das Athmen des Thieres ist eine Verwendung von freiem, nicht von gebundenem Sauerstoff. Liesse man diese Auffassung zu, dass die 3 Atome Sauerstoff der Schwefelsäure zu Oxydationsprocessen könnten gebraucht werden, so fiele die Verwendung des von den Pflanzen ausgeschiedenen Sauerstoffs weg, und der Kreislauf zwischen Pflanze und Thier hätte eine Lücke. Das kohlensaure Natron des Blutes kann natürlich nur von dem Kochsalzgehalte des Meerwassers abstammen und eine aequivalente Menge freier Salzsäure müsste sich im Thiere ansammeln, oder ins Meer übergehen. Würde nun auch diese Salzsäure wieder von dem kohlensauren Kalke der Flüsse gesättigt, so dass daraus Chlorcalcium entstünde, welches mit dem oben gebildeten schwefelsauren Natron wieder Gyps und Kochsalz geben könnte, so bleibt die Frage übrig, was aus der Schwefelsäure würde, die durch die Oxydation des Schwefels der absterbenden Albumingebilde entsteht. Es ist vielmehr

wahrscheinlich, dass Kochsalz durch den Lebensact der Thiere zeitweilig zerlegt werde, dass das kohlensaure Natron im Blute und die Salzsäure in den Verdauungsorganen sich sammle, dann aber wieder durch den Verlauf des Lebens zusammentreten und als unverändertes Kochsalz ausgeschieden werden, wie derselbe Vorgang im warmblütigen Thiere durch Vermischung der Galle und des Magensaftes stattfindet, ohne dass etwas anderes als neutrales Kochsalz in unveränderter Menge durch den Harn ausgeschieden wird. Die Annahme (S. 373), dass das Chlor, statt als Salzsäure auszutreten, im Blute mit Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff verbunden bleibe, kann nicht stattfinden, da solche chlorhaltige Kohlenwasserstoffgebilde im Körper nirgendwo vorkommen, und bei der schliesslichen Oxydation oder Fäulniss doch wieder Salzsäure geben müssten. Es ist deshalb mit den Gesetzen der Ernährung von Thier und Pflanze übereinstimmender, die Abscheidung des Sauerstoffs aus der Schwefelsäure der Pflanze zu übertragen, und den entsprechenden Kalkgehalt dem Thiere als Aschenbestandtheil der Pflanze in der Nahrung zu überweisen. Dieser ganze Kreislauf ist im höchsten Grade wunderbar, und jetzt, wo er offen vorliegt, darf man sich wundern, dass die Geologen früher nicht einmal das Bedürfniss gefühlt haben, für die Entstehung der Kalkgebirge eine vernünftige Erklärung zu suchen. Mit Hülfe des Wortes primitiv kömmt man an solchen Fährlichkeiten leicht vorüber. Was sich v. Humboldt über die Bildung der Kalkgebirge gedacht haben möge, erhellet aus jener Stelle des Kosmos (I, 227), wo er sagt, „dass in der Urzeit allverbreiteter vulkanischer Thätigkeit auch dem Schoosse der Erde entquollen sei die ungeheure Menge des Kohlenstoffs, welche die Kalkgebirge in ihrer Zusammensetzung enthalten." Es ist hierbei nicht genauer ausgedrückt, ob der Kalk vorher als gebrannter und gelöschter Kalk vorhanden war, und ob die Schalen der Ammoniten und Nummuliten lediglich durch die Verbindung von Kohlensäure und Kalk entstanden seien.

Kohlensaurer Kalk gegen Wasser und Feuer. Wird ein lösliches Kalksalz bei gewöhnlicher Temperatur mit kohlensaurem Alkali niedergeschlagen, so entsteht ein flockiger Niederschlag von dem spec Gew, 2,716. Die Kreide zeigt 2,720. Der anfangs undeutliche krystalinische Zustand geht allmälig in den krystallinischen des Kalkspaths über. Wird aber heiss niedergeschlagen, so entsteht sogleich ein in der Form des Arragonits, in langen Nadeln, krystallisirter Niederschlag von dem spec. Gew. 2,943 bis 2,946. Derselbe setzt sich wegen seines höheren spec. Gewichtes schneller und dichter ab, und es ist dies der Grund, warum der Chemiker bei Bereitung von ätzendem Alkali das Gemenge kochen muss. Der Niederschlag ist leicht auszuwaschen und stellt getrocknet ein sehr bewegliches Pulver dar, welches nach Art des Lycopodiumsamens fliesst. Glüht man es gelinde, so verliert es dieses Fliessen und wird klümprig, als wenn es feucht wäre. Es ist dann zu Kalkspath zerfallen. Der natürliche Arragonit zeigt ein ganz ähn-

liches Verhalten, und daraus erkannte auch Berzelius*), dass der Karlsbader Sprudelstein die Arragonitform habe. Kalkspath und Arragonit sind also dimorphe Bildungen bei gleicher Zusammensetzung. Der Unterschied liegt im spec. Gew., in der Härte, Ausdehnung**) und Krystallform, wie bei Granat und Idokras. Witherit, Strontianit und Weissbleierz haben nur die Arragonitform, aber nicht die Kalkspathform und lassen sich durch kaltes Fällen nicht in dieser Form erhalten. Diese Resultate sind grösstentheils von Gustav Rose***) ermittelt worden. Schmilzt man ein Gemenge von kohlensaurem Kali und Natron in einem Platintiegel, und streut kleine Mengen geglühtes Chlorcalcium hinein, so löst sich dasselbe ohne Aufbrausen auf. Löst man die geschmolzene Masse in Wasser, so bleibt ein feinpulveriger Rücksand von kohlensaurem Kalk, der unter dem Mikroscop aus kleinen Kügelchen besteht. Nach längerer Zeit gehen diese in Kalkspathform über. Wirft man die Masse in kochendes Wasser und kocht eine Zeit lang, so bemerkt man kleine Prismen von Arragonit. Es hatte also der kohlensaure Kalk durch das Schmelzen keine Form angenommen, wie das auch ganz natürlich ist, da eine vollständige Auflösung stattgefunden hat. Dasselbe findet statt, wenn man statt des Chlorcalciums kohlensauren Kalk in beliebiger Form in das schmelzende kohlensaure Alkali streut. Lässt man eine Lösung von kohlensaurem Kalk in kohlensaurem Wasser verdunsten, so setzen sich Kalkspathe gemengt mit gestaltlosen Massen ab; erhitzt man die frische Lösung, so entwickelt sich viel Kohlensäure und es scheiden sich Arragonite ab. Die Temperaturgränze für Kalkspath und Arragonit scheint 90° C. zu sein, obgleich der Karlsbader Sprudel für eine etwas niedere Temperatur spricht. So wäre also das nasse Verhalten des kohlensauren Kalkes genügend ermittelt.

Von ganz besonderer Wichtigkeit war fur die plutonistische Lehre die Wiederholung des Versuches von James Hall†), welcher kohlensauren Kalk durch Erhitzen in einem geschlossenen Raume in krystallinischen Marmor verwandelt haben will. Auf diesem Versuche beruhte die Erklärung der Bildung des krystallinischen kohlensauren Kalkes, der als carrarischer, parischer, penthelischer bekannt ist. Es wird angenommen, dass er durch Erstarrung aus dem schmelzflüssigen Zustande die krystallinische Beschaffenheit angenommen habe. Die ersten Versuche von G. Rose††) fielen ungünstig aus. Das hermetisch verschlossene Flintenrohr, welches den eingestampften kohlensauren Kalk enthielt, barst zweimal, und der Inhalt war nachher theils causticirt, theils nur zusammengebacken, aber nicht krystallinisch. Rose sah sich damals zu der Aeusserung veranlasst, dass Kreide und Kalkstein

*) Pogg. 21,157.
**) Pogg. 86,157.
***) Pogg. 111,156.
†) Edinb. Transac. vol. V, p. 43; vol. VI, p. 71.
††) Pogg. 111,158.

durch Hitze in verschlossenen Räumen nicht in rhomboedrischen Kalkspath übergingen, und dass die Versuche Hall's und Bucholz's auf einem Irrthum in der Beurtheilung beruhten. Allein die Sache war zu wichtig, um sich dabei zu beruhigen, und es wurden Tiegel*) aus Stabeisen durch Bohren dargestellt, welche ½ Zoll dicke Wände hatten. Drei solche Tiegel der Reihe nach der Weissglühhitze ausgesetzt, gaben beim Oeffnen in zweien neben viel kaustischem Kalke eine innere Masse, die in „den prächtigsten Marmor“ verwandelt war. Der Inhalt des dritten Tiegels war causticirt, und enthielt nur kleine Parthieen von krystallinischem Marmor. Die für Marmor gehaltenen Theile lösten sich nicht in Wasser, aber vollständig unter Aufbrausen in Salzsäure, und zeigten die richtige Zusammensetzung. In dünnem Schliffe erschien das Product nicht so durchsichtig als carrarischer Marmor. Es wurden nun noch ähnliche Versuche in Porcellanflaschen ausgeführt, aber mit viel weniger günstigem Erfolg. Im ersten Versuche war der kohlensaure Kalk sehr feinkörnig erhalten worden, und beim zweiten, welcher 3 Stunden, gegen den ersten von ½ Stunde, dauerte, war die Masse fast vollständig causticirt. Die Versuche sind sehr schwierig auszuführen, und obgleich nur zwei ein erträgliches Resultat gaben, so hält G. Rose die Angaben von James Hall für bestätigt, womit man übereinstimmen kann. Es werden aber nun auch die geologischen Schlüsse gezogen und für wahrscheinlich erklärt, „dass aller Marmor, der als Lager im Glimmerschiefer oder im Thonschiefer vorkommt, oder sich in der Nachbarschaft des Granits oder Basaltes befindet, durch Hitze umgeänderter dichter Kalkstein oder Kreide sei“, und diesen Satz kann man weniger rasch unterschreiben.

Wenn der Granit das ursprünglich flüssige war, so muss man sich die Frage vorlegen, wie der kohlensaure Kalk, der als Kalkstein und Kreide ein Meeresproduct ist, in Berührung mit dem geschmolzenen Granit kommen konnte. Dies durfte, wenn der Vorgang nicht mit Entweichen der Kohlensäure ablaufen sollte, wie in den eisernen Röhren, nur unter sehr hohem Druck, also im Innern der Erde geschehen. Sodann konnte die schmelzflüssige Einwirkung von Silicaten auf eben zu hoch zu erhitzenden Kalk nicht ohne Bildung einer leichterflüssigen Schlackenmasse stattfinden, wobei nothwendig Kohlensäure durch die feuerbeständige Kieselsäure in Freiheit gesetzt werden müsste. Wenn nun die plutonistische Theorie sich dazu veranlasst sieht, dem hochgespannten Wasserdampf eine hebende Kraft auf die Unterlage zuzuschreiben, und die Hochgebirge der Granite durch Wasserdämpfe heben zu lassen, so liegt doch darin ein offenbarer Widerspruch, dass sie der weissglühenden Kohlensäure diese Kraft im vorliegenden Falle versagt, die doch eine viele hundertmal höhere Spannkraft als der Wasserdampf haben muss. Der hohe Druck kann die chemische Einwirkung der Kieselsäure

*) Pogg. 118,569.

auf den kohlensauren Kalk nicht aufheben; sonst müsste man annehmen, dass die Affinität der Kohlensäure zum Kalke der Einwirkung der weissglühenden Kieselsäure widerstehen könne; was ein chemischer Fehler wäre. Es könnte blos die Expansion der Kohlensäure verhindert werden. Man hat von Seite der Schule den Fehler gemacht, dass man einen Versuch, worin keine Kieselerde vorhanden war, zu einem Schlusse auf einen Fall verwendete, worin sie vorhanden war. Wir wollen dies den Geologen nicht anrechnen, da selbst Berzelius diesen Fehler gemacht hat. Fuchs hatte die Unverträglichkeit von Kieselsäure und kohlensaurem Kalk in Schmelzhitze in seiner Erdkunde (Leipzig 1842) aufgestellt. Dagegen erwiderte Berzelius wörtlich: „Diese Idee ist eines so ausgezeichneten Chemikers, als Fuchs ist, nicht würdig, denn Hall hat bewiesen, dass die Kohlensäure unter einem hohen Drucke nicht vertrieben werden könne." Man ersieht hieraus, welche Gewalt das Vorurtheil selbst auf den grössten Chemiker seiner Zeit ausüben konnte, und dass auch seine Partheinahme für den Plutonismus an dem Enderesultate nichts ändern konnte. Die Thatsachen kamen zuletzt so schlagend heraus, dass jede Autorität sich beugen oder verschwinden muss.

Schon aus den blosen Lagerungsverhältnissen, die uns von zuverlässiger Seite constatirt sind, geht die Unrichtigkeit der obigen Ansicht hervor. G. Rose bemerkt schon, dass der Marmor mit Thonschiefer abwechsle, der seiner Entstehung und Beschaffenheit nach nicht feurigflüssig gewesen sein kann. Friedrich Hoffmann*), auf den die plutonistische Schule die grössten Hoffnungen damals gründete, sah den körnigen Kalk von Carrara allmälig in einen versteinerungsreichen Jurakalk übergehen, so dass an der zusammenhängenden Bildung leider nicht zu zweifeln ist. „Sehr überraschend ist, sagt er**) wörtlich, Thon- und Glimmerschiefer, Kalkschiefer und Gneiss unter Lagerungsverhältnissen und in Verbindungen zu treffen, welche an der Gleichzeitigkeit, am Zusammenhange ihrer Bildung mit versteinerungführendem Kalk keinen Zweifel lassen. Die Schiefer folgen nicht nur unmittelbar in ganz gleichförmiger Verbindung den Kalkgesteinen, sondern sie wechseln mit denselben ab und verfliessen so innig in ihre Masse, dass letztere für unzweifelhafte Glieder des Flötzgebirges gelten müssen."

Hier lag nun doch der Zusammenhang so klar vor Augen, und nur die Eingenommenheit von einer Theorie konnte das Erkennen verhindern. Man kann sich die Verlegenheit von Fr. Hoffmann leicht denken: er erkannte, dass der Kalk nicht auf feurigflüssigem Wege zwischen Kalkschiefer, Gneiss und Glimmerschiefer entstanden sein konnte; damit fiel der ursprünglich schmelzflüssige Zustand der Granite und Gneisse weg, und damit das ganze plutonistische System, an dessen Stelle es augenblicklich nichts anders zu setzen wusste. Er war im Begriff Rebell zu

*) Jahrbuch für Mineralogie 1833, S. 103.
**) Karsten's Archiv f. Min. VI, S. 258.

werden gegen die Schule, hatte aber keine Hoffnung, dies durchzusetzen, und so steckte er seine bessere Ueberzeugung in die Tasche und kehrte auf den Weg der Pflicht und des Gehorsams zurück, um nicht wie Uriel Acosta zu enden. Die Solidarität des Irrthums hatte ihn gefesselt. Um den carrarischen Marmor zu erklären, konnte er nicht das ganze Lehrgebäude umstürzen, und wirklich war es noch nicht die Zeit; es fehlten die Thatsachen, ein neues an die Stelle zu setzen. Das Verhältniss ist jetzt ein ganz anderes. Statt aller dieser Beweise aus den Lagerungsverhältnissen stellen wir die einfache Thatsache hin, dass die Granite und Gneisse und Glimmerschiefer aus den später zu entwickelnden Gründen niemals geschmolzen gewesen sind, und nun stimmen die Lagerungsverhältnisse ganz vortrefflich. Das ist die Solidarität der Wahrheit.

Zu Auerbach an der Bergstrasse kömmt ein körniger Kalk im Gneisse vor, welcher noch viel grobkörniger ist, als der carrarische. Grosse Parthieen desselben sind grau, blau und roth gefärbt, und brennen sich unter Entwicklung an Kohlensäure und Kohlenoxydgas blendend weiss. Es war also ein organischer Stoff das färbende Princip, was ein schlagender Beweis gegen die schmelzflüssige Entstehung ist; sodann kommen noch Einschlüsse vor, die vollends jeden Zweifel beseitigen. Im körnigen Kalk sind als Einschlüsse beobachtet worden: Glimmer, Talk, Asbest, Hornblende, Grammatit, Malakolith, Quarz, Feldspath, Speckstein, Ophit, Granat, Idokras, Spinell, Lasurstein, Epidot, Flussspath, Graphit, Magneteisen, Eisen- und Kupferkies, Bleiglanz, Blende etc. Diese Stoffe können weder vorher als vorhanden mit schmelzflüssigem kohlensauren Kalk umgeben worden sein, noch nachher in demselben ausgeschieden worden sein. Sie mussten gleichzeitig mit dem kohlensauren Kalke an der Grenzfläche der Bildung aus wässriger Lösung in den wasserleeren krystallinischen Zustand übergegangen sein. Und damit schwindet der Versuch von James Hall und G. Rose aus der Geologie, und wird in das entsprechende Capitel der Chemie eingereiht. Die Marmorproben von Hall und Rose sind, wie der Sangerhausener Feldspath, die einzigen auf dieser Erde, welche auf feurigem Wege entstanden sind.

Vorkommen der Kalkgebirge.

So lange es ein Meer auf der Erde mit Pflanzen und Thieren darin gegeben hat, mussten sich Kalkabsätze in demselben bilden. Wir müssen deshalb Kalkgebirge von jedem Alter finden. In der That werden vom angenommen ältesten Absatzgebirge, dem silurischen, durch das devonische hindurch, durch alle sogenannten Formationen Kalkablagerungen, als Bergkalk, Kohlenkalk, Muschelkalk, Jura, Lias, Kreide, Nummuliten, Cerithien-Kalk etc. vorgefunden, und wir ersehen daraus, dass Kalkbildung in der That niemals gefehlt hat, so wie sie auch nicht fehlen konnte, und da wir auf der heutigen Erde noch die Korallenbildung, die Austernbänke, die Rhizopodenablagerungen in allen Tiefmeeren vorfinden, so ist nicht der geringste Zweifel an der ewigen Fortdauer dieser Bildungen vorhanden. Unter dem Gesichtspunkte der Entstehung sind alle diese Kalke von dem ältesten silurischen bis zu dem jüngsten tertiären Litorinellenkalk und dem im atlantischen Meer gefundenen schneeigen Rhizopodenablagerungen ganz gleich und als ächte Meereskalke zu betrachten. Der Stoff und der Vorgang des Absatzes ist durch alle Zeiten derselbe; die Form der Thiere aber ewig wechselnd. Die Verhältnisse der Bestandtheile können wechselnd sein, je nach der Körperbeschaffenheit der kalkbauenden Thiere. Die Kalksteine bestehen aus höchst feinen und dichten Aggregaten von krystallinischen Kalkspathindividuen, wie sie zum Theil schon in der Schale des lebenden Thieres sind, jedenfalls aber im Laufe der Zeiten werden. Blose Durchfeuchtung mit Wasser, noch mehr aber mit kohlensaurem Wasser, muss im Laufe der Zeit jeden gestaltlosen kohlensauren Kalk in krystallinischen umwandeln und zuletzt jede Spur organischer Formen vernichten. Die jüngsten Kalke haben die meiste Wahrscheinlichkeit noch die grössten Reste organischer Formen gerettet zu haben, und dies bemerken wir bei der Kreide, dem Nummuliten-, Cerithien-, Litorinellenkalke, noch mehr bei den noch nicht verkitteten Absätzen der Tiefsee. Nach dem erkannten Bildungsvorgang der Kalke können wir alle Vorkommnisse ausscheiden, welche späteren Umformungen und Zuführungen neuer Stoffe zukommen. Ausgeschlossen vom ächten Meereskalke sind alle Gebilde, welche Einschlüsse enthalten, die im Meere nicht entstehen können, sowohl aus Mangel an Stoff, als

aus Mangel der Bedingungen der Bildung; wie die Silicate Granat, Epidot, Idokras, Feldspath, Quarz, Spatheisen, und viele andere Beimengungen von eisenhaltigen Thonsilicaten, wie sie sehr häufig in Kalksteinen vorkommen, erscheinen uns als etwas fremdes, unwesentliches, durch gleichzeitige Ablagerung aus dem Schlamme benachbarter Flüsse hinzugekommenes, da das Meerwasser diese Körper an sich nicht enthält, sondern durch trübe Gewässer erst empfängt. Die Jurakalke verdanken solchen in Salzsäure unlöslichen Beimengungen ihre Farbe, zum Theil sogar ihr Korn, und die schichtweise Verbreitung derselben in horizontaler Richtung spricht für die gleichzeitige Mitablagerung. In den Brüchen des lithographischen Steins von Solenhofen ist kaum $\frac{1}{8}$ der ganzen Masse zum Steindruck zu gebrauchen, nämlich jener Theil, wo der Absatz der Letten ein ganz gleichmässig vertheilter und sehr geringer war. Die kohlensaures Eisenoxydulhaltigen sog. Molassekalksteine der Schweiz geben sich als eine spätere Umwandlung ächter Meereskalke durch infiltrirte Eisenlösungen zu erkennen, da das Meer kein kohlensaures Eisenoxydul enthält und keines absetzen kann.

Die Kieselzellen der Kreide sind etwas dem Meereskalke eigenthümliches und zugehöriges; die Feuersteinknollen können aber nur als eine nachherige Veränderung angesehen werden.

Mit vollkommener Sicherheit scheiden wir auch spätere Infiltrationen kieselhaltiger Flüssigkeiten und dadurch veranlasste Stoffwandlungen der Kalke aus, so die glaukonitische Kreide, den Schalstein von der Lahn, der Entstehung nach kalkhaltige Melaphyre, Dolerite, Basalte. Diese Wandlungen hängen ab von der Natur der infiltrirenden Flüssigkeit und der Dauer der Einwirkung. Der Glaukonit, ein wasserhaltiges Silicat von Eisenoxydul, Kali und Thonerde, verwandelt die äussersten Schichten der Kreide, oben und unten, in den sog. Grünsand. Er ist ein chloritisches Mineral, welches der Kreide nicht eigenthümlich angehört, sondern von aussen hinzugekommen ist und deshalb bei der Kreideformation auch in diesem Sinne aufgefasst werden muss. Wie viel Unklarheiten schwinden durch diese Unterscheidung auf einmal aus der Geologie? Der Schalstein von der Lahn ist ebenfalls durch Infiltration eines chloritischen Minerals in den Devonkalk entstanden, und er enthält oft noch die Hälfte seines Gewichtes an kohlensaurem Kalk. Der Kalkglimmerschiefer, ein Gemenge von körnigem Kalk, Glimmer und Quarz, muss ebenfalls hierhin gerechnet werden. Eine Bildung von wasserhaltigem Silicat aus Carbonaten ist von Gurlt*) bestätigt worden. In Norwegen auf dem Raasdalsfjeld, findet sich Dolomit in Topfstein verwandelt. Der allmälige Uebergang ist vollkommen nachweisbar. Der Topfstein ist ein wasserhaltiges Bittererdesilicat. Durch infiltrirende kieselerdehaltige Lösungen ist der Kalk weggeführt, und Wasser an seine Stelle getreten. Das

*) Verhandlg. des Naturhist. Ver. für Rheinland-Westphalen, Bd. 20, Sitzungsberichte S. 126.

Bittererdesilicat ist unlöslicher als das Kalksilicat, und Kieselerde und Bittererde stammen von zersetzten Amphibolittrappen, die in der Nähe auftreten. Ebenso müssen alle Dolomite als spätere Bildungen angesehen werden, da in keiner Schale eines Seethieres ein so grosses Verhältniss der kohlensauren Bittererde vorkommt, als in den Dolomiten.

Man ersieht aus diesen Beispielen, wie wichtig es ist, von der Bildung der einfachen Gesteine eine sichere und festgegründete Ansicht zu haben. Es ist eigentlich die Grundlage der ganzen Geologie, ohne welche eine klare Erkenntniss von den mannigfaltigen Vorkommnissen und Beziehungen auf der Erde unmöglich ist.

Auch die kleineren Bestandtheile der Kalke finden auf diesem Wege ihre Deutung. Die Kalke enthalten ausser dem kohlensauren Kalke noch kohlensaure Bittererde, phosphorsauren Kalk, Fluorcalcium und Kieselerde. Alle diese Stoffe finden wir im Meer und in den heute daraus abgelagerten Thierschalen. Aus diesen kleinen Gehalten entstehen durch nachheriges Ausziehen und Ablageren in Gangspalten die Phosphorite, die Flussspathe, wie später entwickelt werden wird. Die Bedingungen der Kalkbildung sind ewig. Nimmt man eine derselben aus der Kette hinweg, so geht alles Leben zu Grunde. Man lasse beispielsweise den Gyps im Meerwasser fehlen, so folgt ohne Weiteres:

Ohne Gyps kein Schwefel,
Ohne Schwefel kein Albumin,
Ohne Albumin keine Pflanze,
Ohne Pflanze kein Thier,
Ohne Thier kein Kalk,
Ohne Kalk keine Phosphorsäure,
Ohne Phosphorsäure keine Pflanze und kein Thier
auf dem Festlande.

Nun nehme man einzeln das Ammoniak das Meeres, den Eisenoxyd, die Kieselerde, das Kali, die Phosphorsäure weg, und Alles wird unbegreiflich, unmöglich.

Absatzgesteine: Thonschiefer, Sandstein.

Unter dem Namen der Absatzgesteine, sedimentäre Gesteine, Detritusbildungen begreift man gewisse, sehr häufig auf der Erde vorkommende Gesteine, welche durch die Gewalt des fliessenden Wassers geformt, fortbewegt und endlich auch abgesetzt wurden. Diese Bildungen mussten stattfinden, so lange die Erde aus Land und Meer bestand, und müssen in alle Zukunft hin fortdauern. Die Vorbereitung zu dem Detritus geschieht durch die Verwitterung oder Auflösung einzelner Bestandtheile durch Wasser und Kohlensäure. Hierdurch entsteht Porosität, und das in die Poren eindringende Wasser bewirkt durch Ausdehnung beim Frieren das Sprengen und vollständige Lostrennen einzelner Theile. Diese werden vom fliessenden Wasser gerollt, abgerundet, zerbrochen und weiter geführt. Die Fortführbarkeit eines Steines hängt, bei gleicher Dichte, von seinem Volum ab, weil der Querschnitt eines Steines dem Quadrate seines Durchmessers, der Inhalt oder das Gewicht dem Würfel seines Durchmessers proportional ist. Der Querschnitt eines Steines ist die dem fliessenden Wasser dargebotene Angriffsfläche, das Volum oder Gewicht ist die zu bewegende Last. Da nun das Gewicht im kubischen, die Angriffsfläche aber nur im quadratischen Verhältniss steigt, so gibt es für jeden Stein eine gewisse Geschwindigkeit des Wassers, welche ihn zu bewegen, zu rollen, im Stande ist. Kleinere Körper werden von schwächerer Bewegung des Wassers, grössere erst von stärkerer fortgeführt. Hierdurch entsteht eine gewisse Sortirung der Gesteine nach ihrer Grösse. Bei der leisesten Bewegung des Wassers wird nur der feinste Staub fortgeführt, darauf der feine Sand, dann der grobe Sand, dann kleinere Rollstücke, dann grössere bis zu ganzen Felsblöcken. Im Verlauf des Rollens vermindert sich das Volum und Gewicht des Steines, und er wird nun von geringerer Bewegung des Wassers fortgeführt.

Wir haben auf der Erde vorzugsweise zwei Formen von Detritusgestein und diese sind der Thonschiefer und der Sandstein. Beide ent-

stehen durch dieselbe Wirkung, gehen in zahllosen Fällen in einander über und sind blos in ihren äussersten Formen deutlich von einander zu unterscheiden. Im Sandstein kommen lettenartige Schichten und im Thonschiefer reine Sandsteinschichten vor.

Der Thonschiefer entsteht aus dem thonerdehaltigen Verwitterungsproduct der Silicatgesteine, vermischt mit zerriebenem, sehr fein vertheiltem Quarze. Die Substanz wird durch die Hochwasser der Flüsse, vorzugsweise im Frühjahre, dem Meere zugeführt, und setzt sich sehr langsam in dem Meere ab. Hierbei findet obige Sortirung statt. Der gröbste Sand bleibt zunächst der Mündung liegen, der feinste Thon treibt 80 bis 100 Meilen weit ins Meer. Es ist eine bekannte Erfahrung, dass man das Trübmachende der Flüsse bei Hochwasser nicht durch ein Filtrum von reinem Wasser trennen kann. Erst läuft das Wasser trüb durch, dann verstopft sich das Filtrum auf eine Weise, dass gar kein Wasser mehr durchläuft. Trübes Flusswasser kann oft 3 bis 4 Monate in Flaschen stehen, ohne dass es ganz klar geworden ist. Es hängt deshalb sehr von der Bewegung des Meeres an den Mündungen eines Flusses ab, wie weit der Schlamm im Meere fortgeführt werde, und auch ist es einleuchtend, dass der Thonschiefer am weitesten ins Meer hinein reicht, die mit Grauwacken durchsetzten Schichten näher am Lande, und die reinen Sandsteinbildungen dicht an der Mündung der Flüsse und an den Ufern des Meeres durch die Brandung. Die Ursachen, wodurch diese Bildungen mit einander wechseln, müssen in zufälligen und örtlichen Bedingungen gesucht werden. Wenn ein Fluss Nebenflüsse hat, welche vorzugsweise durch Gegenden von besonderer geognostischer Beschaffenheit durchfliessen, so hat auch der Flussschlamm besondere Eigenthümlichkeiten. Die Trübungen der Mosel unterscheiden sich von denen des Rheins durch eine röthere Farbe, von den rothen Sandsteingebirgen, welche die Mosel in ihrem oberen Laufe durchfliesst. Die halbseitige Trübung des Rheines nach Gewittern in der Moselgegend hat man schon bis Remagen und Rolandseck noch deutlich erkennen können. Eine Schichte Moselschlamm hat eine andere Farbe und Zusammensetzung als der Rheinschlamm von oberhalb Coblenz, und so können bis ins Meer hinein je nach der Höhe der Fluth und der Gegend ihrer Herkunft ungleichartige Schichten zu verschiedenen Zeiten abgesetzt werden. Solche Schichten finden sich jetzt auch in den Meeresabsätzen, die noch nicht zu Gesteinen erhärtet sind. Bei den Bohrungen zu Amsterdam wurden bis zu einer Tiefe von 232 Fuss 19 verschiedene Schichten durchbohrt, von denen 11 thonige mit einer Gesammtmächtigkeit von 153 Fuss und 8 Sandschichten mit einer Mächtigkeit von 79 Fuss waren. Von da an abwärts wurde bloser Sand gefunden. Es unterliegt nun keinem Zweifel, dass hier die Keime zu künftigen Gebirgen uns vorliegen; zu unterst wird ein mächtiges Gebirge vom Sandstein und darüber Sandstein mit abwechselnden Thonschieferschichten entstehen, wenn

diese Sand- und Thonlagen im Laufe der Zeit durch Infiltrationen zu Gesteinen erhärtet sein werden.

Von den obigen vielen Schichten unter Amsterdam wurden 4 näher untersucht. Die thonigen enthielten 44 bis 48 $\frac{0}{0}$ Kieselsäure, die sandigen bis zu 76 $\frac{0}{0}$. Der Thonerdegehalt in den thonigen betrug 19 $\frac{0}{0}$, in den sandigen 6 bis 7 $\frac{0}{0}$. Alle enthielten gewisse Mengen von kohlensaurem Kalke, welche der heutige Rheinschlamm nicht mehr zeigt; einige enthielten organische Reste, Gyps, und in Folge vorgeschrittener Zersetzung auch schon Schwefelkies. Bedenkt man, wie selten solche Bohrungen an ähnlichen Örtlichkeiten stattfinden, die kaum ein praktisches Resultat versprechen, und hier nur aus dem Grunde vorgenommen wurden, weil eine reiche Stadt ohne Trinkwasser war, so erkennt man leicht, dass an sehr vielen Orten die Stoffe zu künftigen Gebirgen bereits abgelagert sind und noch täglich abgelagert werden. Im ewigen Kreislauf wird ein Gebirge zerstört, um an einer andern Stelle wieder dasselbe Gebirge zu geben.

Die Sandsteingebirge der Neckar- und Main- und Moselgegenden geben ihren Detritus an den Rhein ab, der selbst in seinem Gebiete des Thonschiefers den Detritus dieses Gesteines mit jenem vermischt ins Meer wälzt. Hier werden sie nun wieder durch die Fluthen gesondert und der feinste Thonschieferschlamm geht am weitesten mit jenem der Maas vereinigt an Rotterdam vorbei ins Meer, und der Sand bleibt schon zum Theile in der Maas am Brill liegen. Die Sonderung findet also von selbst wieder statt und erzeugt dieselben Gebirge, aus deren Zerstörung der Schlamm entstandeu war. Die alten Sandsteingebirge sind zu noch feinerem Grand zerrieben worden, und ein gröberer Sand ist aus der Zerstörung der Quarzgänge entstanden. Diese Quarzgänge, welche aus krystallinischer Kieselerde bestehen, bieten der Verwitterung den grössten Widerstand dar. Nachdem sie durch Verwitterung des benachbarten Gesteins blossgelegt wurden, brechen sie zuletzt ab, und zertrümmern beim Sturze in kleinere Stücke, die gerollt sich abschleifen. Und so findet man den weissen Quarz in allen Grössen vom Sandkorn an, durch die Grösse der Erbse, Haselnuss und Wallnuss bis zu Centnerschweren Blöcken; während diese Stücke durch Zerreibung immer kleiner werden, entstehen in allen kieselhaltigen Gebirgen neue Quarzgänge, die für zukünftige Zeiten den Stoff liefern. Zerstörung und Neubildung müssen seit undenklichen Zeiten auch hier im Gleichgewicht stehen.

Das Material zu Sandstein findet sich in allen Graden der Erhärtung, vom dichtesten bunten Sandstein an bis zum losen Sande. Wenngleich die bedeutendsten Sandsteinbildungen nothwendig an die Mündungen grosser Flüsse und an die Küsten des Meeres kommen müssen, so gibt es doch auf dem Festland selbst Veranlassungen zu Sandablagerungen und nachher zu Sandsteinbildungen. Die Flüsse, welche durch Seen fliessen, bringen ebenfalls alle Bestandtheile des Thonschiefers

und Sandsteins mit, und es muss auch in den Seen eine ganz ähnliche Sonderung der gröberen und feineren Theile stattfinden. Diese Landseen sind eigentliche Klärcisternen, in denen sich alles ungelöste der einfliessenden Flüsse und Bäche absetzt. Wenn der Rhein und die Rhone noch so trüb in ihre Seeen einfliessen, so treten sie doch ganz klar aus dem Boden- und Genfersee aus. Es muss damit eine allmälige Verschüttung und Ausfüllung des Seebeckens stattfinden, und die Ausfüllungsmasse muss vorzugsweise aus Sand und Thon bestehen. Anfangs liegt der Thon am entferntesten von der Einmündung des Flusses; sobald sich aber hier durch Deltabildung das Becken ausfüllt, rückt die Mündung des Flusses gegen den Ausgang des Sees vor, und kann dann die Thonlagen mit Sandlagen überdecken. So ist es einleuchtend, dass durch Fortrücken der Sandablagerung endlich Sand auf Thonablagerung zu liegen kommen kann, wie denn auch der Sandstein sehr häufig auf dem Thonschiefer aufgelagert ist. Der Uebergang geschieht durch eine Menge von Wechsel der thonigen und sandigen Lagen. Bei den Braunkohlen findet sich sehr häufig ein besonderer Sand oder Sandstein. Dieser ist ursprünglich als Sand in einen Landsee mit den Holzstämmen, welche die Braunkohle gaben, abgelagert worden, und seine Gegenwart beweist das Vorhandengewesensein einer früheren Wassersammlung, wie es auch die Natur der Braunkohle verlangt. Beide Thatsachen unterstützen sich wechselseitig. Dieser Sand findet sich nun häufig noch im lockeren Zustande, dann auch wieder halbverkittet und endlich auch als vollständig erhärteter Braunkohlensandstein. Es ist kaum denkbar, dass die Erhärtung des Sandes bei vollständiger Untertauchung eintreten könne, sondern dass sie erst nachher bei der Hebung der Schichten und der Möglichkeit einer dauernden Infiltration stattfinden werde. Man muss deshalb die Zeit der Ablagerung und der Erhärtung zu einer Felsart von einander trennen, und es mögen zu beiden Wirkungen gleiche Zeiträume nothwendig gewesen sein. Man ersieht aber auch, dass die gewöhnliche Ansicht von der „Zeit der sedimentären Periode“ eine sehr irrige ist; denn erstlich ist die Sedimentirung und die Erhärtung zu verschiedenen Zeiten geschehen, letztere auch, wo der Stoff bereits seinen Ort gewechselt und die Ablagerung ganz aufgehört hatte; sodann hat es niemals eine abgeschlossene „sedimentäre Periode“ gegeben, sondern sie war zu allen Zeiten und dauert noch heute fort. Aus den Schichten unterhalb Amsterdam kann unmöglich etwas anderes werden als Sandstein und Thonschiefer, und es ist nicht einzusehen, warum derselbe Vorgang unter gleichen Verhältnissen sich nicht zu allen Zeiten sollte wiederholen können.

Während der Urstoff der Sandsteine, der quarzige Sand, in allen Fällen derselbe ist, und sich nur nach der Feinheit des Kornes unterscheidet, ist das Bindemittel ein sehr verschiedenes, und nichts beweist mehr, dass die Erhärtung des Sandes zu einem festen Steine zu einer anderen Zeit, als die Ablagerung geschah. Es hing nämlich davon ab,

was für andere Gesteine im Laufe der Zeit darüber zu liegen kamen, aus denen das Bindemittel entnommen werden konnte. Als solche Bindemittel sind bis jetzt reiner Quarz, eine feldspathige Masse, Thon, kohlensaurer Kalk, Spatheisenstein, und kohlensaure Bittererde beobachtet worden. Gewöhnlich sucht man das Bindemittel durch Ausziehung des Sandsteinpulvers mit starker Salzsäure zu bestimmen. Die Resultate dürfen aber nur mit Vorsicht vorgenommen werden. Wenn nämlich das Bindemittel ebenfalls in Salzsäure unlöslich ist, wie Quarz, Feldspath, so kann auf diesem Wege nichts gefunden werden.

Das sogenannte Rothliegende ist ein ächter Sandstein, der von der Menge des bindenden Eisenoxydes den ersten Theil seines Namens hat. Man rechnet es zur Permischen Formation in Deutschland. Obgleich nun das häufige Vorkommen von Geschieben und Geröllen von Nussgrösse bis Kopfgrösse, von Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Grauwacke, Quarzit, Kieselschiefer, Grünstein und Porphyren ganz deutlich seinen Ursprung als an der Mündung eines Flusses liegend, der alle diese Gerölle aus seinem nächsten Laufe mitbringen konnte, andeutet, so wird doch seine Bildung als „gleichzeitig mit Eruptionen, oder gleichzeitig mit solchen Ereignissen angesehen, wie sie dergleichen Eruptionen entweder voranzugehen oder nachzufolgen pflegen“ (Naumann Geogn. 2, 584). Was das für Ereignisse gewesen sein mögen, erhellet nicht aus jener Stelle, wohl aber ist klar, dass wann sie überhaupt stattfanden, sie mit der Bildung des Rothliegenden entweder gleichzeitig, oder vorher oder nachher stattfinden mussten.

Die Farbe des Sandsteins rührt von dem Bindemittel her, denn der sandgebende Quarz ist in der Regel farblos. Die meistentheils etwas rosenrothe Färbung des Sandsteines muss allerdings dem Eisenoxyde zugeschrieben werden, aber nicht dem freien, sondern dem an Kieselerde gebundenen. Die Farbe hat Aehnlichkeit mit jener des fleischrothen Feldspathes, worin ebenfalls das Eisenoxyd als Silicat vorhanden ist. Reines Eisenoxyd in feiner Vertheilung hat mehr eine braunrothe Färbung, die man am Sandsteine nicht bemerkt.

Der Grauwackensandstein von Unkel am Rhein gab an Salzsäure Thonerde, Eisenoxyd, etwas Manganoxyd und Spuren von Kalk und Bittererde ab. Das Bindemittel war also wahrscheinlich ein Silicat dieser Basen. Unter Grauwacke versteht man gewisse Schichten im Thonschiefergebirge mit einem bedeutenden Ueberschusse an Quarzsand, der sehr dicht darin mit Quarz verkittet ist. Man kann zweifelhaft sein, ob man die Grauwacke zu den Sandsteinen oder zu den Thonschiefern rechnen soll. Es ist aber auch ganz gleichgültig, und man mag sie zu beiden rechnen. Hier hat die Verkittung in ähnlicher Weise, wie die Ausfüllung der Gänge im Thonschiefergebirge durch Quarz stattgefunden, und deshalb ist häufig die Körnung ganz verschwunden. Grauwacke gibt meistens Funken am Stahle, was der Sandstein nicht

thut, und zwar nicht aus mangelnder Härte, sondern aus mangelnder Cohäsion der Theile.

Der Grauwackensandstein von Dottendorf, in der Nähe von Bonn, gab, mit Wasser geschlämmt, einen graubraunen Schlamm, der mit Säuren nicht merklich brauste. Dann blieb noch ein durch Wasser nicht leicht lösbares Bindemittel zurück, welches mit Säuren stark brauste und aus kohlensaurem Eisenoxydul, Kalk und Bittererde bestand. Hier war das Bindemittel wahrscheinlich Spatheisenstein. Ein Kohlensandstein von Alzei, und ein ähnlicher von Waldenburg enthalten eine Feldspathmasse als Bindemittel. Der berühmte bunte Sandstein gibt an Säure so geringe Mengen Substanz ab (1 bis 3 $\frac{0}{0}$), dass man darin kaum das Bindemittel finden kann. Manche lassen 96 bis 99 $\frac{0}{0}$ reinen Sand zurück. Hier ist das Bindemittel krystallinische Kieselerde; welche sich an die vorhandenen Quarzkörner anlegte und diese dadurch verband. Eine chemische Trennung und Bestimmung ist in diesem Falle rein unmöglich. Bunter Sandstein von Culmbach in Baiern und von Heidelberg liessen ziemlich viel schwebende Theile abschlämmen, die als eisenoxydhaltiger Thon erschienen. Das Bindemittel der Sandsteine im Jura, oder wie man gewöhnlich sagt, der Juraformation, besteht aus kohlensaurem Kalk, Bittererde, Eisenoxydul und Thon. Die Dauerbarkeit der Sandsteine als Baumaterial hängt von diesem Bindemittel ab, und von seiner Menge. Lässt es sich durch Wasser ausziehen oder wegschlämmen, so haben die Steine keinen Werth, dagegen einen um so grösseren, je weniger leicht sie der Verwitterung unterliegen. Dabei spielt auch noch die Porosität oder die Menge der Hohlräume mit. Ohne Hohlräume lässt sich ein Stein nicht leicht mit dem Meisel bearbeiten; sind sie aber zu reichlich, so dringt zuviel Wasser ein und sprengt beim Froste ganze Platten ab. Sehr oft macht der Baumeister diese Erfahrung zu spät. Die Quadersandsteine der sächsischen Schweiz gehen bis zu 99 $\frac{0}{0}$ Kieselsäure, und haben dennoch keinen baulichen Werth, weil aller Quarz als Korn und nicht ein Theil als Bindemittel vorhanden ist. Nach den Analysen von Reichel enthalten die Sandsteine der Zittauer Gegend 1 bis $2\frac{1}{2}$ $\frac{0}{0}$ lösliches Bindemittel. Die Quadersandsteine der sächsischen Schweiz sind ungemein der Verwitterung unterworfen. Kleine Wassergerinne haben tiefe senkrechte Einschnitte gemacht, in denen sich oft zwei Menschen nicht ausweichen können. Die phantastischesten Reste von Felstrümmern bleiben auf den Gräten längere Zeit stehen, bis sie zuletzt zusammenbrechen. Ganze Stellen sind noch am Platze so erweicht, dass man mit der Hand das Material herauswühlen kann. Ungeheure Massen dieses Sandes sind wieder in den Niederungen Norddeutschlands, wie in der Umgebung von Berlin, abgelegt. Die unfruchtbaren Ebenen von Norddeutschland, wo der Sand noch nicht mit einer Schichte Thon oder Lehm bedeckt ist, stammen von höher gelegenen Sandbergen ab.

Ein sehr schönes Vorkommen von abwechselnden Schichten von Kalken und Sandstein bietet der Durchbruch der Weser an der Porta Westphalica*). Ein offenbar zusammenhängend gewesener Gebirgszug ist hier von der Weser durchbrochen. Auf dem linken Ufer bildet der Wittekindsberg, auf dem rechten der Jakobsberg das Ende, gleichsam die Thorpfeiler der Porta. Der erste ist der höhere; er steigt bis zu 800 Fuss über dem Meeresspiegel. Nach Norden schliesst sich in unabsehbarer Ausdehnung die norddeutsche Ebene an, welche nur sehr geringes Gefälle hat, so dass in der Porta der Spiegel des Flusses bei mittlerer Höhe nur 93 Fuss über dem der Nordsee liegt. Der Zwischenraum der beiden Ende des Gebirges beträgt ungefähr 800 Schritte, und der Fluss tritt so nahe an den Fuss des Jakobsberges an, dass der Raum für die Köln-Mindener Eisenbahn durch Sprengen gewonnen werden musste.

Man rechnet die ganze Bildung des Gebirges zur Juraformation, vorzüglich wegen des häufigen Vorkommens von Ammoniten, die auch gerade im Jurakalk vertreten sind. Es liegt dieser Bezeichnung die Anschauung zu Grunde, dass gleiche und ähnliche Thierformen zusammengehörige Bildungen bedinge. Das einzige, was man davon zugeben kann, ist, dass die erhaltenen Thierformen gleichzeitig mit der Bildung des umhüllenden Gesteins vorgekommen seien. Für weit auseinander liegende Gegenden ist dies schon nicht mehr zulässig. Die Dauer des Thierspecies ist sehr ungleich, und es kann eine Species an einer Stelle schon ausgegangen sein, während sie an einer andern noch besteht. Zahlreiche Beispiele haben wir davon in dem Zurückziehen der Rhinocerote, Hyänen und Katzenarten aus den nördlichen Gegenden der Erde, während dieselben noch in südlicheren Ländern vorkommen. Noch heute können Gebeine von Rhinoceroten verschüttet werden, die nach einer nicht zu berechnenden Zeit als „diluvial“ gefunden werden. Daraus lässt sich aber nicht schliessen, dass die sich jetzt mit Rhinocerosknochen absetzenden Schichten mit jenen gleichalterig seien, welche dieselben Knochen bereits aus einer früheren Zeit enthalten. Dasselbe gilt natürlich auch für Conchylien. Man mag die Aehnlichkeit der Form nachweisen, aber keine Schlüsse darauf gründen, welche mit den heutigen Verhältnissen der Erde im Widerspruche stehen. Wenn man auch die gleichzeitige Bildung des Jurakalkes mit dem Portasandstein wegen der Aehnlichkeit der eingeschlossenen Thierreste zugeben wollte, so gehören doch beide nicht zur selben Formation, weil der Jura eine Kalkbildung, die Porta eine Sandsteinablagerung ist. Ohne diese Sonderung würden alle Formationen sämmtliche Gesteine der Erde enthalten, da sie alle zu jeder Zeit gleichzeitig waren.

Die tiefsten, durch das Profil am Jakobsberge überhaupt aufge-

---

*) F. Römer in den Verhandl. des naturhistor. Vereins für Rheinl. Westphl. 1858, S. 291.

schlossenen Schichten trifft man am nördlichen Ausgange des Fleckens Hausberge an. Es ist ein dunkeles, sandig thoniges, kalkhaltiges Gestein, welches im frischen Zustande noch ziemlich fest, an der Luft rasch in schiefrige Bruchstücke zerfällt. Die Entblösung beträgt wenigstens 150 Fuss. Darauf folgt eine 30 Fuss mächtige Bank von braunem kalkigem Sandstein, dann eine 20 Fuss mächtige Schichtenfolge von sandigem Mergelschiefer; darüber liegt der braune Bausandstein, der sog. Portastein, welcher seit Jahrhunderten als Baustein in die steinlosen Ebenen von Norddeutschland auf der hart vorbeifliessenden Weser verführt wird. Es ist ein grobkörniger Sandstein, der aus eckigen und groben Quarzkörnern und einem Bindemittel von gelbbraunem Eisenoxydhydrat besteht. Das Bindemittel ist nicht gleichmässig zwischen den Quarzkörnern verbreitet, sondern in kleinen, durch die ganze Masse vertheilten stecknadelkopfgrossen oder etwas grösseren, unregelmässig begränzten Parthien mehr zusammengehäuft, als in deren Zwischenräumen. Dadurch erscheint der Sandstein braun gesprenkelt. Offenbar war das Eisenoxyd als kohlensaures Oxydul eingedrungen und nachher durch Oxydation in die jetzige Form übergegangen. Auch gehört es nicht ursprünglich dem Sandstein an, welcher sich durch seine Ausdehnung als Dünensand zu erkennen gibt und im Zustande des Absetzens weder Spatheisen noch Eisenoxyd enthalten konnte. Ueber dem Sandsteine folgt eine 3 Fuss mächtige Schichte eines graubraunen, an der Luft zerbröckelnden, kalkig sandigen Gesteins, dem eine etwa 50 Fuss mächtige Aufeinanderfolge von starken Bänken eines schwarzen, kalkig und sandig thonigen Gesteins, welches bei der Anlage der Eisenbahn gesprengt werden musste, folgte. Nun wechseln noch mehrmal kalkige, thonige und sandige Schichten bis zu jener Höhe, die bereits durch Tagewasser entblöst ist und den Kamm des Gebirges bildet. Offenbar geschahen alle diese Ablagerungen von unten nach oben in sehr langen aufeinanderfolgenden Zeiträumen. Wenn sich dazwischen wieder Schalthiere auf dem hart gewordenen Meeresboden ansiedelten, so entstanden die kalkigen oolithischen Schichten. Diese wurden mehrmal verschüttet, theils durch Flussschlamm, theils durch Sand. Hierin ist offenbar kein Gesetz; nur der Zufall und die Umstände bedingen die Lagerung. Es erscheint deshalb das Bestreben, jede Schichte der Wesergebirge auf eine analoge der andern Jurabildungen zurückzuführen, wie dies Römer (l. c. S. 309) unternimmt, ohne alle innere Nöthigung und Berechtigung; denn ihr liegt die Ansicht zu Grunde, dass dieselbe Bildung sich über die ganze Erde erstreckt habe, was nach unsern Beobachtungen auf der heutigen Erde nicht zutrifft. Diese Bildungen sind entstanden, und sie sind in der Zeit entstanden; was gleichzeitig entstand oder früher und später hängt damit nicht zusammen. Die Bedingungen der Bildungen zu ermitteln ist absolut unmöglich, da die Gestalt von Land und Meer gewechselt haben und durch keine Combination mehr errathen

werden können. Die einzige Frage, zu welcher Zeit eine Ablagerung stattgefunden habe, hat gar keinen Werth mehr, da wir bestimmt wissen, dass sie nicht einmal, sondern in zahlreichen Wiederholungen stattfand. So sind z. B. der braune und der schwarze Jura ganz verschiedene Bildungen, wenn sie auch dieselben Ammoniten enthielten; denn der eine enthielt keine Spuren von organischen Stoffen, der andere reichliche, was auf eine andere Thierspecies schliessen lässt.

Die Pampa grande in Chile liegt 2000 Fuss über dem Meere. Der Sand ist in grossen sichelförmigen Haufen geschichtet, in ungleichen Entfernungen von einander. Die Spannung dieser sichelförmigen Bogen ist 20 bis 70 Schritte, die Höhe der Sandberge 7 bis 15 Fuss. Auf der äussern convexen Fläche ist ihr Abfall gering, auf der concaven Seite 75 bis 80 Grade. Die Oberfläche der äusseren Seite ist etwas wellenförmig. Tausende dieser Hügel decken die Ebenen, so weit das Auge sie verfolgen kann. Alle diese Sandberge sind mit der concaven Seite nach Norden zu Westen gerichtet*). Offenbar rühren diese Hügel vom Winde her, welcher die Dünen in ähnlicher Art aufwirft und fortschiebt. Der Wind kam von der concaven steilen Seite, indem er den leichten gehobenen Sand über die Gräte weghob und fortblies. Dort sonderte sich der Sand wie Waizen und Spreu vor der Hand des Worflers. Zunächst fiel der grobe Sand nieder und weiterhin der feinere. Die ganze Erscheinung beweist eine grossartige Hebung des Landes, weil der Sand ursprünglich im Meere abgelagert sein musste; sie beweist, dass die Verkittung des Sandes zu Gestein nicht ohne Bedeckung geschehen kann; sie beweist, dass der Sand vom herrschenden Winde in einer bestimmten Richtung fortgeführt jede Ueberlagerung bewirken kann und dass Sandstein keine bestimmte Reihenfolge hat. Wenn nun jetzt diese seltsamen Hügel bedeckt und endlich zu Gesteinen verdichtet würden, so dürfte ein künftiger Geologe sich den Kopf zerbrechen, wie diese Bildungen entstanden wären, und jetzt, wo die Beobachtung vorliegt, finden wir die Erklärung sehr natürlich und einfach. So sind sämmtliche Sandsteine der Erde durch Ablagerung und spätere Verkittung entstanden, möge nun die Ablagerung im Meere, in dem Delta eines grossen Flusses, oder in dem Aestuarium eines solchen stattgefunden haben. Das Nil-, Ganges-, Misisippidelta sind aus solchen Absätzen entstanden. Wie oft mögen Sand- und Thonlagen darin wechseln, und wenn auch in den Schichten Leichen von Krokodilen, Gavialen oder Alligatoren sich vorfinden, so sind sie dennoch gleichzeitige Bildungen und in gleicher Weise entstanden. Die Unterscheidung der verschiedenen Sandsteine nach geognostischen Merkmalen hat für den Geologen keinen Werth. Sie lehrt ihn weder die Entstehung, noch die Unterscheidung des Gesteins. Viel intressanter ist dem Geologen die Uebereinstimmung

*) Meyen, Reise der Princess Luise II, 43.

des Bindemittels mit der Natur der überlagernden Schichten. Wo aber jetzt Sandstein die Gipfel und Kämme der Gebirge ausmacht, da können wir mit Sicherheit schliessen, dass die Ueberlagerung im Laufe der Zeit verschwunden ist. Dennoch sind in Betreff der Bildung die ächten Meeressandsteine, bunter Sandstein, rothes Todtliegendes, Keupersandstein, Steinkohlensandstein, Quadersandstein, ferner die Binnenwassersandsteine, der Braunkohlensandstein, ganz gleichbedeutend, und ihre Unterscheidung in dieser einen Beziehung unwesentlich. Es erklärt sich aus deren Bildung die Armuth an fremdartigen Einschlüssen, an Resten lebender Wesen, an Gangbildungen. Die Sandsteine bestehen ihrer Abkunft nach nur aus dem widerständigsten aller Gesteine, dem reinen krystallinischen Quarz, enthalten also keine fremden Stoffe, die sich durch Ausziehung in Gangspalten absetzen könnten; es können keine Thiere daraus entstehen und keine darin leben. Was sich in ihnen vorfindet ist unwesentlich, höchstens gleichzeitig der Bildung nach. Auch spätere Bildungen haben nur durch Infiltration in ihnen zuweilen stattgefunden. Der Grünsandstein von Büderich bei Werl hat nach der Analyse von von der Mark*) nur 41 % Quarzkörner, 19,7 % kohlensauren Kalk, 19,3 % in Silicaten enthaltene Kieselsäure, ferner Wasser, Thonerde, Eisenoxyd, Bittererde, Kali. Der grünfärbende Bestandtheil ist ein chloritartiges Silicat (s. oben), welches Glaukonit genannt wurde. Ausser den 41 % Quarzkörner müssen alle andern Bestandtheile infiltrirt sein. Bei der Abscheidung der Sandkörner ist es ganz unmöglich, dass ein anderer Körper von geringerer Härte zugleich abgesetzt werde, weil er von den Quarzkörnern zum feinsten Staub zermahlen werden musste. Zuweilen hat man Spuren von Wellenlinien (rippling marks) und an wenigen Orten Eindrücke von Fusstritten von Vögeln wahrgenommen. Diese mussten sehr bald von einer neuen Verschüttung bedeckt worden sein, um sich bei der spätern Verkittung erhalten zu können.

Der Thonschiefer ist aus den feinsten Theilen der zerstörten Silicate entstanden, und zwar sowohl aus dem durch Verwitterung, als aus dem durch Zerreibung entstandenen. Der durch Verwitterung entstandene Thon hat allein das schlüpfrige des Thons. Zermahlener Feldspath, Granit, Grünstein würden immer noch sandig erscheinen. Allein mit der feinen Vertheilung nimmt auch die Verwitterung rasch zu. Die durch Zerreiben entstandenen feinsten Pulver sind weit feiner als die meisten chemischen Niederschläge. Präparirt man ein Mineral im Achatmörser zur Analyse, so kann man beim Abschlämmen das Pulver vom Wasser nicht durch ein Filtrum trennen. Wie der Flussschlamm läuft das Trübe durchs Filter, bis es dasselbe verstopft hat. Man muss also das geschlämmte Pulver durch Abdampfen gewinnen. So geht auch der feinste Staub der Kieselerde mit dem Thon weit ins Meer

*) Verhandlg. des naturhistor. Ver. für Rheinland-Westphalen. 1849, S. 269.

hinaus. Während der eigentliche Thon nur 47 bis 48 % Kieselerde enthält, gehen die Thonschiefer bis zu 64 und 65 %. Die Thonerde beträgt 17 bis 20 %, Kali 2 bis 3 %. Natürlich gehen die mehr grauwackenartigen Thonschiefer noch weiter hinauf im Kieselgehalt. Die Thonschiefer enthalten fast allgemein sehr wenig Kalk. Dies hängt mit der grösseren Löslichkeit des kohlensauren Kalkes zusammen. Derselbe erfordert ungefähr 10000 Theile Wasser zur Lösung. In reinen Kalkgebirgen ist das Schwellwasser stark mit schwebendem kohlensaurem Kalke beladen. So enthält der Schlamm aus dem Bodensee über 30 % kohlensauren Kalk; dagegen bei Coblenz, Bonn, Emmerich braust der vom Rheine abgesetzte Schlamm nicht mehr mit Säuren. Da der Rhein von Basel an keine bedeutenden Kalkgebirge mehr in seinem Thale hat, so haben sich die kleinen Mengen des zugeführten Kalkes im Tagewasser gelöst und dieser kommt gelöst ins Meer, wo er, wie anderweitig bewiesen, mit der Schwefelsäure des oxydirten Schwefelwasserstoffes wieder Gyps bildet. Es findet sich deshalb in den meisten Thonschiefern kaum eine Spur von Kalk, und diese auch nur als Silicatrest, und nicht als Carbonat. Die Löslichkeit des kohlensauren Kalkes im Flusswasser ist jedenfalls grösser als in reinem destillirten Wasser, denn sonst wären eine grosse Anzahl Flüsse mit kohlensaurem Kalke übersättigt. Nach dem Löslichkeitsverhältniss von 1 Th. kohlens. Kalk in 10000 Wasser würden, da die Analysen der Flusswasser meistens auf 100000 Theile berechnet sind, nur 10 Theile kohlens. Kalk auf diese Menge kommen. Der Rhein bei Basel zeigte aber 12,79 Thl., bei Strasburg 13,56 Theile kohlensauren Kalk, dagegen bei Bonn nur 3 Theile im Jahre 1851 und $9\frac{1}{2}$ Theile im Jahre 1852.

Die Maas zeigte bei Hocht $13\frac{3}{8}$ Theile, bei Bocholt $12\frac{1}{2}$ Theile, bei Pierre-Bleue 4,98 Theile, bei Arendonck 3,21 Theile kohlensauren Kalk; die Rhone bei Lyon im Februar 15, im Juli 10 Theile kohlens. Kalk. Man sieht hieraus, dass die Mengen des gelösten kohlensauren Kalkes nach Ort und Zeit sehr wechseln, und dies Resultat überhebt uns der vollständigen Mittheilung der Analysen. Schwefelsaurer Kalk ist in den meisten Flusswassern enthalten, so wie kleine Mengen von Kieselerde, Eisenoxydul, Kochsalz, Thonerde und anderen zufälligen Bestandtheilen des durchflossenen Landes.

Der kleine Gehalt des Flussschlammes an kohlensauren Kalke ist demnach wohl eine ziemlich verbreitete Thatsache, aber keine Nothwendigkeit. Die im Bodensee entstehenden Thonschiefer dürften aber wohl einen grösseren Gehalt an diesem Stoffe besitzen, und stark mit Säuren brausende Thonschiefer kommen auch vor (vgl. Bischof, Geologie, 1. Auf. II, 1065 und 1653.) Der Caspische See, der grösste Binnenlandsee der Erde, und noch dazu ohne Abfluss, welcher die Wolga aufnimmt, und ihr Wasser ganz durch Verdunstung verlieren muss, wird zuletzt fast alle Meeresbildungen in sich vereinigen. So wie er mehr und

mehr durch Deltabildung verengert wird, müssen sich in ihm Sandstein und Thonschiefer bilden, und der Kochsalzgehalt, der jetzt schon $\frac{1}{3}$ $\frac{0}{0}$ beträgt, bis zur Steinsalzablagerung steigen und auch Gyps und schwefelsaure Bittererde sich abscheiden, die schon sehr merkbar vorhanden sind. Braunkohle und Blätterkohle dürfte aus dem Hinterlande zusammengeführt sein, nur Steinkohle wird fehlen, weil dazu die Meerespflanzen fehlen. Die Unterscheidung, ob ein Thonschiefergebirge eine Meeresbildung oder eine Landseebildung ist, dürfte lediglich auf die Erkennung vergrabener Pflanzen- und Thierreste hinauslaufen. Diese lebenden Wesen stehen mit der Thonschieferbildung in keinem nothwendigen Zusammenhange, sondern nur in einem zufälligen. Kein Thier kann im Thonschieferniederschlage leben oder daraus entstehen. Die Oertlichkeiten, wo grössere Mengen Abdrücke von Thieren vorhanden sind, treten deshalb auch selten auf, wie bei Coblenz, Gerolstein in der Eifel, und sie gestatten keinen Schluss auf die Fauna und Flora jener Zeit, sondern nur auf die körperliche Beschaffenheit der wirklich vorhandenen Reste. Stellenweise erscheinen im Thonschiefer glänzend schwarze Parthieen, welche häufig bei Ungelehrten die Hoffnung auf Steinkohle erregten. Diese mit dem Namen Kohlenblende bezeichneten Steine sind Stellen, wo sich gleichzeitig mit dem Schlamme grössere Mengen von Pflanzen abgelagert haben. Die chemische Beschaffenheit dieser Stellen spricht für die ungeheuer lange Zeit der Ablagerung, denn diese Kohle verbrennt ohne leuchtende Flamme, enthält keinen Wasserstoff mehr, und ist in Anthracit übergegangen. Der Aschengehalt steigt meist über 50 $\frac{0}{0}$, und sie sind aus diesem Grunde ganz unbrauchbar, weil die Rückstände von gebranntem Thonschiefer denselben Raum einnehmen, wie die frischen Stücke. Steinkohlen können im Thonschiefer nicht leicht vorkommen, weil die Meeresströmungen, welche die Tange führen, niemals nahe an das Land treten; dagegen können dünne Thonschieferlagen in die Steinkohle gerathen, weil die Flüsse ihren Schlamm weit ins Meer hinein treiben. So sind die Lettenschichten zwischen den Steinkohlenflötzen, die man auch Schieferthon nennt, nichts anderes als ächter Thonschiefer, und zwar von dem feinsten Korn; denn so weit ins Meer hinaus, bis in Ablagerungen der Tange, kann nur der feinste Schlamm gelangen. Die Schieferthone stimmen auch in ihrer Zusammensetzung mit den Thonschiefern überein, mit 61 bis 73 $\frac{0}{0}$ Kieselerde und 18 bis 21 $\frac{0}{0}$ Thonerde, kleinen Mengen Kali und Natron; dagegen sind sie fast ganz frei von Kalk, was durch ihr weites Vordringen ins Meer erklärbar ist.

Vorübergehend hat auch ein Theil des Stoffes zur Thonschieferbildung kleinen pflanzlichen Wesen angehört. Die Zellalgen sind reich an Kieselerde, und jede lässt absterbend ein glasartiges Zellchen zurück, welches aus reiner amorpher Kieselerde besteht. Der Schlamm der Flüsse besteht zu einem grossen Theile aus diesen Zellalgen, und vor

den Mündungen der Flüsse ist das Meerwasser selbst mit einer wimmelnden Menge von Zellen erfüllt, welche hier in dem kieselerdereicheren Flusswasser üppiger gedeihen, als im offenen Meere (Volger).

Im Hafen zu Wismar häuft sich der Schlamm in so grossen Massen an, dass man genöthigt ist, denselben fortwährend auszubaggern. Wöchentlich werden über 2000 Zentner ausgeschöpft, und diese Arbeit dauert 7½ Monate lang. Ein Zehntel dieses Schlammes besteht aus Zellalgen. Der Schlamm im Hafen von Pillau besteht zu ⅓ seiner Masse aus Zellalgen, und der der Elbe beinahe zur Hälfte. Auch in den Schlammschichten unter Amsterdam wurden grosse Mengen von Kieselzellen gefunden, und ein Theil von Berlin steht auf einem derartigen Moderlager mit Zellalgen. Diese Körperchen haben eine wichtige Rolle bei der Erhärtung des Thonschiefers. Alle Kieselpanzer sind amorphe, leicht in Wasser lösliche Kieselerde vom spec. Gewichte 2,2. Indem sie sich lösen und an die vorhandenen Quarzreste als krystallinische Kieselerde vom spec. Gew. 2,6 ansetzen, entsteht eine vollkommene Vereinigung der einzelnen Theilchen und dadurch Erhärtung zu festem Gestein. Es kann demnach der kieselzellenhaltige Thonabsatz der Flüsse durch bloses Wasser in langer Zeit zu festem Gestein werden, der Sandstein aber nicht ohne Infiltration neuer Stoffe. Durch die Verwandlung der Kieselzellen in Quarz verschwindet jede Spur der Form, welche im Flussschlamm noch zu erkennen war.

Die Zerstörung vorhandener Gebirge durch mechanische Kräfte ist ein ewiger, nie aufhörender Vorgang. Die Gletscher, das frierende, das fliessende Wasser, die Brandung des Meeres, die Schneeschmelze, der Eisgang sind solche Erscheinungen, wodurch der Zusammenhang fester Gesteine sowohl im Grossen gelöst, als auch bis zum feinsten Schlamm aufgehoben wird. Viele Lehrbücher der Geologie (de la Beche, Naumann, Vogt u. A.) sind reichlich mit Nachweisungen dieser Zerstörungen versehen, und oft mit Abbildungen stehen gebliebener seltsamer Felsformen ausgestattet. Es kann deshalb darauf verwiesen werden. Dass durch mechanische Gewalt eine mechanische Trennung der Gesteintheile stattfinden könne, ist so einleuchtend als leicht dargethan. Das letzte Resultat dieser Zerstörung ist immer Sand und Schlamm. Diese haben allein für den Geologen ein näheres Interesse.

Die Zusammensetzung des Thonschiefers bewegt sich in ziemlich engen Gränzen. Der Kieselsäuregehalt steht in den meisten Fällen zwischen 60 und 70 %, die Thonerde 15 bis 20 %, Eisenoxyd 8 bis 10 %, Kali 2 bis 4 %.

Der Kalkgehalt ist im allgemeinen gering, selten bis 2 %, oft ganz fehlend. Einige Thonschiefer enthalten auch Spuren von kohlensaurem Kalk. Dieser Umstand ist leicht erklärlich. War Kalk in den zerstörten Silicaten, durch Labradorgehalt, so würde er durch die Verwitterung selbst als kohlensaurer Kalk ausgeschieden und gelöst, und

war er als kohlensaurer Kalk von Kalkgebirgen vorhanden, so löste er sich im Laufe des Flusses meistens ganz auf und kam in Lösung ins Meer. Da der Thonschiefer auch ganze Schichten von Grauwacke enthält, so ist einleuchtend, dass sein Kieselerdegehalt sehr steigen kann und fast bis zu reiner Kieselerde übergehen. Der Kaligehalt macht diese Gebirgsart zu einer sehr fruchtbaren, und die edelsten Weinberge des Rheinlandes liegen im Thonschiefergebiet, mit dessen Blöcken und Steinen man die ganzen Weinberge so überführt, dass sie oft einem Steinbruche ähnlich sehen. Der Kaligehalt stammt unzweifelhaft von zerstörten feldspathigen Gesteinen ab.

In vielen geologischen Werken*) wird von einem Urthonschiefer oder Urschiefer gesprochen, worunter verstanden wird, dass dieser Schiefer seinen Absatz lediglich vom Detritus des Urgebirges, der Granite etc. erhalten habe, und nicht, wie der spätere, zugleich von der Zerstörung anderer Sedimentgesteine und seinesgleichen. Er soll sich von dem spätern Thonschiefer durch Mangel an Conglomerat und von Versteinerungen auszeichnen. Dem System nach würde dieser Schiefer noch unter der Silurischen Formation liegen, und zugleich vorausgesetzt werden, dass während seiner Bildung noch keine Sedimentgesteine existirt hätten, er selbst also das älteste und unterste Sedimentgestein sei. Zu dieser Unterscheidung ist kein Grund vorhanden, denn so wie es im Thonschiefergebirge grosse Massen gibt, welche frei sind von Conglomerat und Thierresten, so kann auch eine ganze Bildung frei davon sein. Allein der Granit enthält selbst schon freien Quarz und kann durch Zerstörung ebensowohl Quarzgerölle liefern, als die Thonschiefergänge. Die S. 272 des 3. Bds. von Bischof's Geologie beigebrachten Analysen sprechen wenig für eine solche Abstammung. Der rothe Schiefer von Werfen, aus der untern Trias, würde an sich schon höher liegen, als die silurischen Schiefer; mit dem Feldspath stimmt allein der Kieselerdegehalt von 66,8 %, dagegen der hohe Gehalt an Eisenoxyd (9,6 %) und von Kalk (9,8 %), und der gänzliche Mangel an Alkalien widersprechen jeder Abstammung von Granit. Die dritte Analyse, von Metzingen in Würtemberg, mit 21,49 % kohlensaurem Kalk spricht noch weniger dafür, weil der Absatz des Kalkes noch später im System fällt. Die Existenz eines Urschiefers ist demnach unstatthaft, und es findet auch hier der ewige Kreislauf statt.

Der Thonschiefer zeigt auch die Wellenlinien (rippling marks) wie der Sandstein. Ein sehr schönes Vorkommen ist im Brohlthale dicht an der Landstrasse und nahe bei der Schweppenburg entblöst. Eine sehr steil aufsteigende Thonschieferwand zeigt diese Wellenlinien. Bricht man eine Platte von etwa 3 Zoll Dicke los, so erscheint eine

*) Bischof, Geologie 2. Auf. 3,268; Oesterreichische Geologische Reichsanstalt, im Catalog für die Cölner Ausstellung 1865; etc.

zweite, mit Wellenlinien versehene Fläche, die aber der ersten nicht parallel laufen, und es scheinen diese Linien sich auch oft in der Tiefe des Gesteins zu wiederholen. Es muss diese Thonablagerung in einer Bucht stattgefunden haben, in welcher ein sehr regelmässiger Wellenschlag sich in den weichen Thon abgeformt hat. Dann wurde diese wellige Oberfläche mit neuem Schlamm bedeckt und eine ähnliche, aber von der ersten bereits verdeckten Lage ganz unabhängige Wellenfläche darauf eingespült. Beim nachherigen Spalten trennen sich diese Flächen am leichtesten von einander.

Steinkohle.

Allgemeines Vorkommen und Beschaffenheit. Dieses merkwürdige Naturproduct kommt in der Erde vergraben in muldenförmigen Vertiefungen mit horizontalen Lagen, welche Flötze genannt werden, vor, gewöhnlich mit Sandstein bedeckt und die durch Entblösungen frei gelegten Enden, welche das Ausgehende genannt werden, haben sie dem Menschen verrathen. Wo das noch nicht geschehen ist, liegt sie noch verborgen. Die ächte Steinkohle stellt eine im Bruche glänzende, sehr dichte, splittrig brechende, vollkommen schwarze Masse vor, von allgemein bekannten äusseren Eigenschaften. Sie ist in der überwiegenden Masse structurlos und amorph, und die an einzelnen Stellen sichtbar werdenden Gewebe von Pflanzen lassen sich durch Einmengungen fremdartiger Pflanzenkörper deuten. Das Verhalten der Steinkohle zur Wärme ist sehr verschieden in den verschiedenen Vorkommnissen. Die Prüfung darauf geschieht in gleicher Weise. Man pulvert die Steinkohle zu einem gröblichen Pulver, füllt dieses in einen Tiegel, welcher bedeckt einem raschen Feuer ausgesetzt wird. Nach dem Erkalten untersucht man das Product auf seine Beschaffenheit. Einige Steinkohlen zeigen hierbei gar keine sichtbare Veränderung, sondern das Pulver kommt sandartig lose wieder aus dem Tiegel: Sandkohle; oder die Enden der Körner sind nur lose an einander gesintert und zerbrechen leicht wieder zu einem Pulver: Sinterkohle; oder das Ganze ist zu einer porösen, glänzenden, festzusammenhängenden Koake gebacken: Backkohle. Offenbar hat bei diesen 3 Arten ein ungleicher Grad von Schmelzung stattgefunden, da ohne Schmelzung eine neue Cohäsionsform nicht entstehen kann. Es sind diese Zustände keine den einzelnen Kohlen eigenthümliche, sondern jede Kohle hat diese 3 Zustände bereits durchgemacht, oder würde sie im Laufe der Zeit durchmachen. Uebereinstimmend damit sind die Erscheinungen des Verbrennens an freier Luft. Die Sandkohlen oder mageren Kohlen verbrennen mit blauer

Kohlenoxydgasflamme, die Sinterkohlen mit schwachleuchtender Flamme, die Backkohlen oder Gaskohlen mit hellleuchtender russender Flamme. Offenbar hängen diese Unterschiede mit einem ungleichen Gehalte an Wasserstoff zusammen, da die fettesten Gaskohlen das meiste Leuchtgas ausgeben und auch in den Retorten zu den dichtesten Koaks zusammenbacken, während die beiden andern Arten wenig und schwachleuchtendes Gas ausgeben. Da die Steinkohlen in unsern aufgeschlossenen Bergwerken noch täglich Kohlenwasserstoff aushauchen, so können wir schliessen, dass sie noch immer in einer langsamen und fortdauernden Stoffwandlung begriffen sind. Damit stimmen denn auch die allgemeinen Beobachtungen, dass in Kohlenbergwerken, worin die einzelnen Flötze durch mächtige Zwischenmittel getrennt sind, die untern Schichten viel magerer sind, als die oberen, und dass in den letztern vorzugsweise die Gaskohlen lagern.

Die Steinkohlen bestehen wesentlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, aus einem nie fehlenden Gehalt an Stickstoff und aus unverbrennlichen Bestandtheilen, Aschen, welche die Zusammensetzung von Silicatdetritus, Flussschlamm, haben, und auch aller Wahrscheinlichkeit nach davon abstammen. Die 3 erst genannten Bestandtheile bilden die eigentliche Kohlensubstanz, und sind je nach dem Alter der Kohlen in sehr wechselnden Verhältnissen vorhanden. Im Laufe der Zeit geht die Kohle durch Verlust fast aller flüchtigen Bestandtheile in einen sehr dichten Kohlenstoff über, welcher Anthracit genannt wird, und welcher das natürliche Endglied der Kohlenmetamorphose ist. Als Mittel von 128 Kohlenanalysen hat E. Bischoff nach Abzug der Aschen, des Stickstoffs und der Feuchtigkeit folgende Zusammensetzung gefunden:

82,3 Kohlenstoff,
5,5 Wasserstoff,
12,2 Sauerstoff.

Der Wasserstoff beträgt demnach etwas weniger als die Hälfte des Sauerstoffs, und da in den Kohlenhydraten der Pflanzen der Wasserstoff $\frac{1}{8}$ vom Sauerstoff beträgt, so ersieht man, dass die Bildung der Kohlensubstanz mit einem reichlichen Austreten von Sauerstoff verbunden gewesen sein muss, womit natürlich der procentische Kohlenstoffgehalt steigen muss. Bei einer grossen Anzahl von Steinkohlen, welche Baer*) analysirte, steht der Kohlenstoffgehalt zwischen 70 und 80 %, der Wasserstoff zwischen 4 und 5 %, der Sauerstoff zwischen 9 und 12 %. Das mittlere Verhältniss vom Wasserstoff zum Sauerstoff war hier 1:2,9. Dagegen bei einer Reihe von Braunkohlen, welche E. Bischoff**) untersuchte, liegt der Kohlenstoffgehalt zwischen 45 und 55 %, der Wasserstoff zwischen 4 und 5 %, der Sauerstoffgehalt

*) Liebig-Kopp, Jahresbericht 1850, S. 688.
**) Ebend. 1850, S. 689.

zwischen 25 bis 30 $^0/_0$. Das Verhältniss des Wasserstoffs zum Sauerstoff ist im Mittel 1:5,07, und bei einer andern Reihe von Baer*) untersucht, wie 1:4,2, demnach sehr verschieden von dem der Steinkohlen. Man kann nun die Schmelzbarkeit einer organischen Substanz nicht allein von dem Verhältniss des Wasserstoffs zum Sauerstoff ableiten, wie ein Vergleich zwischen Holzfaser und Rohrzucker zeigt, in welchen beiden der Wasserstoff $\frac{1}{8}$ vom Sauerstoff beträgt, und wo die Holzfaser absolut unschmelzbar, der Zucker sehr leicht schmelzbar ist. Es kommt also auch wesentlich bei verschiedenen Körpern auf die Anordnung der Stoffe und ihre physikalische Beschaffenheit an. Die Unschmelzbarkeit der Holzfaser kann man nicht aus dem Vergleiche ihrer Zusammensetzung mit Zucker, Stärke, Gummi, Dextrin ableiten, und es muss dieselbe, neben der Zusammensetzung, auch als eine besondere Eigenschaft betrachtet werden. Die Holzfaser zeigt durch alle Veränderungen hindurch, welche sie durch trockne Destillation oder Vermoderung erleiden kann, eine absolute Unschmelzbarkeit.

Bei dem Nachforschen nach der Abstammung der Steinkohle tritt uns sogleich eine Gewissheit entgegen, dass sie nur von Pflanzen abstammen könne, nicht allein deswegen, weil wir erkennbare Pflanzenformen darin wahrnehmen, sondern weil darin Kohlenstoff mit Wasserstoff chemisch verbunden vorkommt, und weil die Zersetzungsproducte der Steinkohle durch trockne Hitze ganz genau dieselben sind, wie sie aus abgestorbenen Pflanzenkörpern durch dieselbe Operation erhalten werden. Da die Umwandlung der Pflanzen in Steinkohle mit einem immer steigenden Gehalt von Kohlenstoff fortschreitet, so liegt alle Wahrscheinlichkeit vor, dass sie ohne Zutritt von freiem Sauerstoff stattfindet, und dass sie in einem langen Vermoderungsprocess unter Abschluss von Sauerstoff geschieht. Um aber hierüber zu sicheren Schlüssen zu gelangen, müssen wir das Verhalten der Pflanzen auch zu freiem Sauerstoff näher ins Auge fassen.

Alle Pflanzen, welche auf dem Festlande wachsen, und welche sich nach ihrer Natur selbst tragen müssen, enthalten in ihrem Gewebe Holzfaser, jenen aus gleichviel Atomen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden Körper, der im Eichenholze, im Buchenholze, in der Leinwandfaser in grösster Reinheit enthalten ist. Dieses Kohlenhydrat ist bei keiner niedern oder hohen Temperatur schmelzbar, verliert durch Erhitzen einen Theil seiner Bestandtheile, lässt aber zuletzt eine Kohle zurück, in welcher man die ursprüngliche Gestalt der Faser erkennen kann. An der Holzkohle kann man nachträglich die Natur des Holzes erkennen. Bei der Vermoderung ohne Luftzutritt geht die Holzfaser, wie bei der trocknen Destillation, alle Stadien der Färbung bis zur vollständigen Schwärze durch, ohne jemals ihre Gestalt zu verlieren. An Luft und Feuchtigkeit geht die Holzfaser in Oxydation über

*) Liebig-Kopp, Jahresbericht 1851, S. 733.

und verwest. Es ist bekannt, wie rasch dies geschieht. „Ich fragte mich oft, schreibt Darwin*) in Valdivia, wie lange bleibt die Spur eines umgefallenen Baumes zurück? Ein Mann zeigte mir einen, den ein Trupp flüchtiger Royalisten vor 15 Jahren umgehauen hatte, und nach diesem zu urtheilen, glaube ich, dass von einem Balken von anderthalb Fuss im Durchmesser in 30 Jahren nur ein Haufen Moder zurück ist.“ Die Verwesung ist nicht mit einer nothwendigen Zunahme der Farbe verbunden, sondern halbverwestes Holz hat nahezu dieselbe Farbe wie frisches; dagegen ist oft äusserlich Verwesung und innen Vermoderung vorhanden. Man ersieht aus diesen Verhältnissen leicht, dass die zur Steinkohlenbildung bestimmten Holzstämme nicht lange an Luft und Feuchtigkeit stehen können, sondern dass sie sehr bald des Zutritts der Luft beraubt werden müssen, wozu nur ein einziges denkbares Mittel, Untertauchung unter Wasser, vorliegt. Dann bleibt aber immer noch zu erweisen, ob sie jemals zu wirklicher Steinkohle werden können.

Eine andere Klasse von Pflanzen, welche ganz im Wasser schwimmen, bedürfen keiner festen Holzfaser, um sich selbst zu tragen, da sie vom Wasser getragen werden. Hierzu gehören die Meerespflanzen, die Algen, wozu die Tange in ihrem ganzen Umfange gerechnet werden. Diese besitzen eine lederartige, schlüpfrige Consistenz, dabei noch ziemliche Stärke, lassen aber keine Holzgefässbündel unter dem Mikroscop erkennen. Auch die in Flüssen und Teichen wachsende Anacharis Alsinastrum ist ganz frei von Holzfaser, und diese Pflanzen verwandeln sich bei der Vermoderung in eine schleimige, ganz formlose, weiche Masse, die erst durch Verlust von Kohlensäure und Kohlenwasserstoff mehr Festigkeit annimmt. Der Schleim der Tange, welcher aus dem Carraghnen ziemlich allgemein bekannt ist, hat auch die Zusammensetzung eines Kohlenhydrates, wie Stärke, Zucker, Gummi, verhält sich aber gegen Wärme ganz anders wie die Holzfaser. Die zuletzt genannten Stoffe sind sämmtlich mehr oder minder schmelzbar und geben nach dem vollständigen Verkohlen eine Kohle, die in ihrer Textur keine Spur der ehemaligen Substanz zeigt. Der Zucker schmilzt vollständig, stösst Gasarten aus, und verwandelt sich zuletzt in eine lockere schwammige Kohle. Ebenso verlieren diese Kohlenhydrate beim Vermodern vollständig ihre Gestalt und Textur.

Die in der Geologie üblichen Ansichten über die Bildung der Steinkohle kommen demnach auf die zwei Formen zurück, deren Ursprung auf Holzstämme, wie bei der Braunkohle, oder auf Torf zurückzuführen, und der Grund zu dieser Annahme liegt in der Beobachtung, dass zuweilen in der Steinkohle, vielmehr aber in den die Steinkohlen begleitenden Schieferthonen und Sandsteinen, deutlich erkennbare Reste von Holzstämmen vorkommen, und dass wir die Bildung des Torfes an vielen Stellen noch deutlich beobachten können. Die Ablagerung der

*) Naturwissenschaftliche Reisen, übers. v. Dieffenbach 2,61.

Holzstämme kann nicht beobachtet werden, weil sie unter Wasser geschieht; allein hier ist die Deutlichkeit, womit die Holzfaser, und sogar die ganze Gestalt des Baumes mit Rinde und Blattnarben erkannt wird, so gross, dass ein Zweifel über die Natur des Verwesens nicht stattfinden kann.

Bischof sagt in der 2. Aufl. seiner Geologie I, S. 748: „Der Ursprung der Stein- und Braunkohlen aus Pflanzensubstanzen ist durch das Vorkommen vegetabilischer Ueberreste in denselben eine so vollkommen constatirte Thatsache, dass jeder weitere Beweis überflüssig erscheint. Es sind vorzugsweise die Stämme der Stigmarien, Sigillarien, Lepidodendren und Calamiten, welche die Masse der Steinkohlen bilden, und deren mehr oder minder vollständig erhaltene Rinde meist mit blosen Augen schon an den characteristischen Blattnarben erkennbar ist, etc."

Die Richtigkeit der Schlussfolgerung kann nicht sogleich zugegeben werden. Die erkennbare Natur der Baumstämme beweist nur, dass hier wirklich Baumstämme vorliegen, aber nicht, dass die Masse der Steinkohlen daraus besteht; denn es ist gar nicht einzusehen, warum ein einzelner Baumstamm mitten in einer ungeheuren Masse amorpher Steinkohle seine Structur sollte gerettet haben, während rundum Alles jede Spur von baumartiger Faser verloren hat. Entstand die Steinkohle aus Baumstämmen, so musste auch dieser einzelne Stamm seine Structur verlieren wie die übrige Masse, oder Alles musste die Faserung des Holzes zeigen. Wenn dieser Stamm seine Rundung und Stücke seiner Wurzeln und Aeste erhalten konnte, womit geschah dann die Ausfüllung zwischen den Stämmen, die doch mit andern Stämmen nicht möglich war? Es liegt hier eine richtige Beobachtung, aber ein logischer Fehler vor. Wenn in einer grossen Masse dichter amorpher Steinkohle ein einzelner Körper seine äussere Gestalt erhalten konnte, so muss man schliessen, dass dieser Körper ein fremdartiger, nicht zu der Masse der Steinkohle gehöriger gewesen sei. Die Steinkohle ist nach vielen genauen Untersuchungen, wovon man sich durch jedes beliebige Stück aus dem Kohlenkasten überzeugen kann, vollständig amorph. Weder durch Behandeln mit Weingeist, Aether, Terpentinöl, kohlensaurem Kali konnte man ein erkennbares Skelett eines pflanzlichen Wesens bloslegen. Man kömmt also gerade zu dem entgegengesetzten Schlusse, dass Alles, was man in der Steinkohle noch deutlich erkennen kann, zufällig vorhanden ist und nicht zur Bildung der Masse der Steinkohle beiträgt. Mit diesem Schlusse haben wir auf einmal eine Menge Schwierigkeiten beseitigt. Wir haben nicht mehr zu beweisen, warum Holzstämme und Steinkohle ein verschiedenes Verhalten zu Lösungsmitteln, zum Feuer, zum Mikroskope haben; wir haben nur nachzuweisen, wie einzelne Holzstämme zufällig in die Steinkohle hineingerathen können, wo dann die Natur der Holzfaser uns die Erhaltung der Form von selbst an die Hand gibt.

Der eben besprochene falsche Schluss ist allein Schuld, dass die Geologie der Steinkohle in einem unlösbaren Widerspruche mit der Natur blieb. Indem man die Holzstämme als den Urstoff ansah, durfte man nach keiner andern Pflanze suchen, welche mehr zu der Erscheinung passte; die Schmelzbarkeit der Steinkohle war unbegreiflich, das Wachsen am Platze und Verschütten gab niemals eine geschlossene Masse; dass ein Stamm mit seiner Wurzel auf der Höhe der Krone eines andern stand, ja senkrecht darüber wuchs, blieb unerklärbar; die verschiedenen Eigenschaften der Steinkohle und Braunkohle blieben räthselhaft, so wie das Aufbauen von 4- bis 500 Fuss mächtigen Steinkohlenflötzen mit den dazwischen liegenden glatten, oft nur einen Zoll dicken und sich meilenweit erstreckenden Schichten von Schieferthon und Letten.

Einen besondern Werth hatte man auf die im Steinkohlengebirge vorkommenden senkrecht stehenden Stämme gelegt, von denen man aus der Lage irrthümlich annahm, dass sie an Ort und Stelle gewachsen sein müssten, worauf weiter unten noch einmal zurückgekommen werden wird.

Aus welchen Pflanzen ist die Steinkohle entstanden? Auf rein inductivem Wege gelangt man dahin, den Ursprung der Steinkohle mit grosser Bestimmtheit nachzuweisen, und zu gleicher Zeit die Verwendung einer ungeheuren Vegetation zu finden, von der in den Geologieen kaum noch die Rede war. Zunächst konnte die Steinkohle nicht blos aus Gefässpflanzen gebildet werden, weil diese ihre Structur in alle Ewigkeit hinein behalten; sodann mussten es Pflanzen sein, welche durch ihr Wachsthum gegen Luftzutritt und Verwesung geschützt waren, welche also unter Wasser wuchsen. Beide Bedingungen fanden sich in den Wasserpflanzen vereinigt, weil diese zum Tragen ihres Körpers keine Faserbündel nothwendig haben. Man musste also die Pflanzen in Seen oder im Meere suchen. Die Seen der Erde enthalten auf ihrer Tiefe gar keine Pflanzen, an ihren Ufern einen unbedeutenden Gürtel von Gewächsen, welche zur Bildung von ächten Steinkohlen nicht hinreichen. Es mussten also die Pflanzen der Steinkohle im Meere gefunden werden. Sehen wir uns nun um, ob solche Pflanzen vorhanden sind.

Die grösseren Tiefen des Weltmeeres sind pflanzenleer. Erst bei 6- bis 800 Fuss unter der Oberfläche beginnen Flechten und Moose, welche den Meergrund überziehen. Erst bei 80 bis 100 Fuss Tiefe fängt der reiche Pflanzengürtel an, den die See an ihren Gränzen entfaltet. Die Gewächse sind auf niederer Entwicklungsstufe als die Landpflanzen, und zeigen keine Pracht der Blumen und Früchte. Im Allgemeinen saugen die Seepflanzen nicht mit Wurzeln, sondern mit ihrer ganzen Oberfläche ein, und die Nahrungsstoffe der Pflanzen sind sämmtlich im Meerwasser aufgelöst. Es ist deshalb auch gleichgültig, woraus der Untergrund besteht, wenn er nur einen festen Punkt zum Haften

bietet. Flache Felsgestade sind daher der Lieblingsaufenthalt der meisten Seepflanzen, während der aus losem Sande bestehende Strand ebenso arm an Pflanzen ist, als der Sand der Wüsten. Die einzige phanerogamische Pflanze der Nordsee ist die Zostera marina, das Seegras, welches mit wirklichen Wurzeln, die aus den Gelenkknoten entspringen, sich in dem losen Seesand befestigt. In den tropischen Meeren wird es von Schildkrötenheerden abgeweidet, und im Norden von Europa dient es zu wohlfeilen Polsterungen. Die Algen lassen sich in 3 grosse Gruppen eintheilen, in grüne, Chlorospermeae, olivenfärbige, Melanospermeae, und rothe, Rhodospermeae, und diese zerfallen einzeln wieder in eine Menge Gattungen und Arten.

An der brittischen Küste kommen 370 Arten vor, die zu 105 verschiedenen Gattungen gehören, woraus man auf den Formenreichthum schliessen kann. Ueber tausend Algenspecies sind bereits bekannt, und wie viele sind noch nicht dem Auge des Menschen sichtbar geworden.

Viele derselben zeigen eine ungeheure Verbreitung. Die Ulva latissima und Enteromorpha compressa der deutschen Küsten finden sich an den Gestaden des arktischen Meeres, sie umsäumen den tropischen Ocean und erstrecken sich südwärts bis zum Cap Horn. Nur wenige Pflanzen besitzen eine solche Anschmiegung an die verschiedensten Temperaturen.

Weit bedeutender erscheinen die olivenfarbigen Tange. Zu ihnen gehören die Fucusarten, die bei zurückgetretener Fluth den Felsufern eine eigenthümliche, düstere Färbung geben, und ferner die mächtigen, stets unter dem Wasserspiegel bleibenden Laminarien, die bis zu einer Tiefe von mehreren Klaftern überall, wo sie festen Boden finden, einen unterseeigen Waldgürtel um die Küsten ziehen.

Der kleine Fucus canaliculatus, dessen schmale rinnenförmig eingedrückte Stengel und Zweige ohne Luftblasen sind, macht vom Lande aus zuerst seine Erscheinung; ihm folgen Fucus nodosus, eine grosse Species mit starken, lederartigen Stengeln, und der Fucus vesiculosus, der weit und breit die Felsen von ein bis zwei Fuss unter Hochwasser bis zur Gränze der tiefsten Ebbe überzieht. Durch die breiten, gabelförmig getheilten Blätter zieht sich eine Mittelrippe, die an jeder Seite mit zahlreichen, paarweis stehenden Luftblasen versehen ist. Die tiefste Stelle unter dem Strandgürtel nimmt der Fucus serratus ein, der sich durch seine gezahnten Blattränder und den Mangel an Luftblasen auszeichnet. Besonders häufig kommen die Fucusarten an den flachen felsigen Westküsten von Schottland und Irland, so wie auch in der Bretagne vor, wo sie früher in ungeheurer Menge eingeäschert wurden und deren Asche unter dem Namen Kelp oder Vareck im Handel vorkommt. Allein auf den Orkaden waren 20000 Menschen den ganzen Sommer beschäftigt sie zu sammeln und zu verbrennen. Jetzt wird diese Asche in weit geringerer Menge zur Jodbereitung gebraucht und dabei eine grosse Menge Chlorkalium als Nebenproduct gewonnen, welches

auch wieder in dem Stassfurther Abraumsalz einen Nebenbuhler gefunden hat. Zum Düngen werden sie ebenfalls verwendet und dienen dann durch ihren Gehalt an Kali, Phosphorsäure und Stickstoff. Die Insel Jersey wird mit Fucus gedüngt, der durch Schiffe an der Küste der Bretagne gewonnen wird.

Die grössten Tange der Nordsee sind die Laminaria saccharina und digitata, welche einen tieferen Stand einnehmen. Erstere kommt in handbreiten, lederartigen, zwei bis drei Klafter langen, wogenden Bändern vor; letztere in langen Riemen auf 3 bis 4 Fuss hohen Stengeln. Gleitet man in einem Bote darüber hin, so gewähren sie auf dem Grunde der krystallenen Tiefe den Anblick eines Palmenhaines, durch dessen Laubwerk man Fische ein- und ausschwimmen sieht. Diese ansehnlichen Pflanzen sind indessen Zwerge, wenn man sie mit den riesigen Tangen der kälteren Meereszonen vergleicht. Keine der zu dieser Familie gehörenden Pflanzen kommt in den tropischen Gewässern vor, dagegen ziehen sie sich bis zu den äussersten Polargränzen hin und nehmen an Grösse und Mannigfaltigkeit nach den Polen zu. Die nördliche Halbkugel hat in der Regel andere Gattungen als die südliche. Zu ihnen gehören im atlantischen und stillen Ocean die riesigen Alarien mit ihren wohl 40 Fuss langen, mehrere Fuss breiten Blättern, und im äussersten Norden die Gattungen Agarum, Thalamophyllum, Costaria, Nereocystis, letztere nur im stillen Ocean, während Macrocystis und Lessonia vorzugsweise der südlichen Halbkugel gehören.

Der Kelp, Fucus giganteus von Solander, Macrocystis pyrifera nach Agardh, wächst am Feuerlande auf jedem Felsen von der Ebbmarke bis zu einer grossen Tiefe, sowohl an der äusseren Küste als innerhalb der Kanäle. Während der Reise der Adventure und des Beagle, welche Darwin begleitete, wurde nicht ein Felsenriff nahe an der Oberfläche entdeckt, das nicht von dieser schwimmenden Pflanze angedeutet wurde. Sie hat gewiss manches Schiff vor dem Schiffbruch bewahrt. Es gibt nichts Erstaunlicheres, als dass diese Pflanze wächst und gedeiht in der ungeheuren Brandung des westlichen Ozeans, der keine noch so harte Felsenmasse widerstehen kann. Der Stamm ist rund und glatt und hat selten einen Zoll im Durchmesser. Einige zusammen sind hinreichend stark, um das Gewicht grosser loser Steine zu tragen, an die sie sich in den inneren Meereskanälen anheften, und einige dieser Steine sind so schwer, dass, wenn sie zur Oberfläche gezogen werden, eine Person sie kaum ins Boot heben kann.

Cook erzählt in seiner zweiten Reise, dass bei Kerguelens Land manche Stämme dieses Tanges von ausserordentlicher Länge und doch nicht viel dicker als ein Daumen gefunden werden. Auf manchen Bänken, wo der Riesentang wuchs, fand man in 24 Faden Tiefe noch keinen Grund. Die Wassertiefe muss deshalb grösser gewesen sein, und da der Tang nicht senkrecht wächst, sondern einen sehr spitzen Winkel mit dem Grunde bildet, und viele davon nachher manche Faden

lang sich auf der Oberfläche des Meeres ausbreiten, so kann man wohl annehmen, dass er zu einer Länge von 60 Faden wächst.

Seine geographische Verbreitung ist sehr ausgedehnt; man findet ihn an den äussersten südlichen Inselchen, nahe am Cap Horn, und nördlich auf der östlichen Küste bis zum 23° der Breite, und auf der westlichen Küste ziemlich häufig, aber nicht üppig, bis zum 42° der Breite. Weiter nördlich wird er von andern Tangen ersetzt. Ueber dem 50° geht seine Verbreitung vom Cap Horn bis zur Länge von Australien, also nahezu über den halben Erdumfang an jener Stelle. Zahllose lebende Wesen aller Ordnungen sind mit ihrer Existenz aufs innigste an diesen Tang geknüpft. Darwin vergleicht diese Wälder in den Gewässern der südlichen Hemisphäre mit den Urwäldern auf dem Lande unter den Tropen, und gibt den ersteren den Vorrang in Grossartigkeit und Nutzen für die Thierwelt. Viele grössere Thiere, Taucher, fischende Vögel, Otter, Seehunde, Delphine leben von den Thieren, die aus den Tangen ihre Nahrung ziehen. Auch Meyen hatte schon auf der Reise der preussischen Fregatte „Prinzess Luise“ diese untermeerischen Welten mit Erstaunen wahrgenommen. Es gelang ihm, eine dieser schwimmenden Inseln festzuhalten, und unter lautem Jubelruf der Mannschaft von 5 Mann mit aller Anstrengung auf das Deck zu ziehen. Es war nicht möglich, diese ungeheure Masse zu entwirren; nur 66 Fuss lang konnte man den wahrscheinlichen Stamm hervorziehen; die einzelnen Aeste waren 30 bis 40 Fuss lang und eben so dick als der Hauptast, von dem sie ausgingen. Die gesammte Länge schätzte Meyen auf das dreifache der gemessenen Länge, also nahe 200 Fuss. Die birnförmigen Luftbehälter an der Basis der Blätter hatten oft eine Länge von 6 bis 7 Zoll, und die einzelnen Blätter massen 7 bis 8 Fuss. Sonach möge man sich einen Begriff von der riesenhaften Grösse solcher Pflanzen machen. Die Vergrösserung geschieht durch Spalten der Blätter; der Sprung geht immer weiter, bis das Stück von der allgemeinen Blattmasse getrennt, ein eigenes Blatt bildet. Die Bildung der Luftblase geschieht schon früher, ehe das Blatt getrennt ist. Bei allen Exemplaren fallen die Blätter unter dem birnförmigen Luftbehälter ab, und dann schwimmt der Stengel noch lange mit diesen Blattstielen umher. Niemals sind am Cap Horn Früchte an diesen Tangen gefunden worden, wie beim Sargassotang.

Ein anderer ansehnlicher Tang war 70 bis 80 Pfund schwer und 5 Fuss lang, hatte auf einem Felsen gesessen und war mit der Wurzel abgerissen worden. Die Wurzelfläche war oft mit Lepaden besetzt, ein Beweis, wie lange ein solcher Tang in offener See umhertreiben mochte. Bory de St. Vincent nannte ihn Durvillea, zu Ehren des bekannten Seefahrers Dumont d'Urville. Die Farbe ist dunkelbraun, ins Olivengrüne gehend. An einzelnen Exemplaren wurde Frucht gefunden. Meyen hält die Aufstellung der Gattung für überflüssig, denn die Fruchtbildung ist genau wie bei den gemeinen Tangen. Alle diese Tange sind durch

eine grosse Menge Schleim essbar, und werden durch Zusatz von Fleisch, Zucker und Gewürzen verbessert.

Bekannt ist die schleimige Masse des Carraghentanges, Sphaerococcus crispus und mamillosus Agardh.

Eine ungeheure Tangvegetation findet sich zwischen den Azoren und der Spitze von Florida, wo durch den Golfstrom eine fast ruhende, nur in sich selbst kreisende, Meeresfläche entsteht. Diese ist ganz mit schwimmenden Tangen einer besondern Art, die auf der ganzen Erde nicht wieder vorkommt, dem Sargassum bacciferum bedeckt. Schon Columbus war durch diese Tangwiesen mit Schwierigkeit durchgefahren. Der Beerentang muss seinen ganzen Lebenslauf, Fortpflanzung, Entwicklung und Absterben schwimmend vollenden. An vielen Tausenden aufs Deck gezogenen Pflanzen hat Meyen niemals eine Spur einer Wurzel gefunden. Kein Stück kann wegen des Golfstroms ans Land kommen, sondern muss an Ort und Stelle versinken. Ihre Beschaffenheit hat sich der besondern Oertlichkeit des warmen, kreisenden Meerbeckens angebildet. Die Oberfläche dieser Tangwiesen wird zu 40000 geographischen Quadratmeilen angegeben, etwa der 7fachen Ausdehnung von Deutschland. Eine ähnliche kolossale Tangvegetation findet sich im stillen Ocean, nördlich von den Sandwichinseln, und wieder eine solche an den aleutischen und curilischen Inseln. Nach Payen werden in Frankreich jährlich 3 Millionen Kilogramme Varecasche auf Jod verarbeitet, und in Schottland noch weit grössere Mengen. Man kann daraus auf die Menge der frischen und trocknen Tangsubstanz schliessen, wenn man die Aschenprocente (s. S. 92) in Anschlag bringt. Es fehlt deshalb nicht im Meere an Material zur Steinkohlenbildung; und da diese Pflanzen nun wirklich vorhanden sind, und niemals ausser Wasser gelangen können, so müssen ihre Reste sich im Meere anhäufen. Es muss für diese ungeheuren Pflanzenwelten eine Verwendung gefunden werden, und wenn nicht schon die Steinkohle entdeckt wäre, so müsste man sie erfinden, um eine Verwendung für diese Seepflanzen zu haben. Indem wir aber die Steinkohle auf die Tange der Urwelt zurückführen, haben wir zu gleicher Zeit das Herkommen der Steinkohle und das Hinkommen der Tange erklärt. Es soll damit nicht gesagt sein, dass die Steinkohle gerade von solchen Tangen abstamme, die wir heute auf der Erde finden, sondern von den Repräsentanten dieser Pflanzen in jener Zeit. Es ist mehr als wahrscheinlich, ja sicher, dass diese Pflanzen im Laufe der Zeit ihre Natur ändern, wie alle Pflanzen und Thiere, und da keiner der Bäume mehr auf der Erde vorkommt, deren einzelne Ueberreste wir in den Steinkohlen finden, so ist auch anzunehmen, dass die Tangpflanzen jener Zeit ganz andere gewesen seien. Reste von Fucoideen finden sich als Abdrücke in den Lettenschichten. Hier wurden sie gleich umhüllt und der Abdruck erhalten. In der grossen Steinkohlenmasse war dies unmöglich, und kein Scharfsinn eines Naturforschers wird die spurlos verschwundenen Formen jener wahrscheinlich noch grösseren Tange

wiederherstellen können. Die Menge der im Kreislauf begriffenen Kohlensäure muss zu jener Zeit noch grösser sein, wo der Kohlenstoff der jetzt niedergelegten Steinkohlenlager noch in der Atmosphäre war, und hat um eben diese Menge durch die Steinkohlenbildung abgenommen. Es ist dies eine in der That etwas verwirrende Betrachtung. Wir sehen gar nicht ein, wie der Kohlenstoff der Anthracitlager und zuletzt aller Steinkohlenlager auf natürlichem Wege jemals wieder soll in den Kreislauf zurückkehren, denn die Verwandtschaft der Kohle zum Sauerstoff nimmt immer mehr ab. Es ist also in der Steinkohle ein grosses Capital Kohlenstoff auf die todte Hand angelegt, und es würde in der Steinkohlenbildung eine Veranlassung liegen, dass zuletzt alles Leben auf der Erde aufhören müsste, wenn sämmtliche Kohlensäure nach tausendmaligem Umlauf als Steinkohle abgesetzt wäre. Es steht also dahin, ob im Laufe der Zeit Ereignisse eintreten können, welche den Kohlenstoff wieder als Kohlensäure in die Atmosphäre zurückbringen, oder ob mit der fortgesetzten Steinkohlenbildung das Leben sich immer vermindern und zuletzt aufhören müsse. Vorläufig ist der Mensch dieses Ereigniss, welcher durch seine Cultur im Stande ist, die Steinkohle aus der Erde zu entnehmen und sie in Kohlensäure überzuführen. Aus diesem Gesichtspunkte wäre der Mensch ein Bedürfniss für die Erde geworden, und seine Industrie das natürliche Ereigniss, welches das Gleichgewicht der Natur wieder herstellen müsste.

Der Hauptsatz über die Entstehung der Steinkohle geht also dahin, dass sie nur aus vorweltlichen Meerespflanzen selbst im Meere abgesetzt worden sei, und dass Landpflanzen darin das Accessorium sind.

Bei diesem Reichthum des Stoffes sollte man glauben, dass die Naturforscher nicht um denselben in Verlegenheit wären, um ihre Steinkohlenlager aufzubauen. Dennoch hat Prof. Unger in Wien in seinem Werke über die Pflanzenwelt ein Capitel mit der Ueberschrift: „Steinkohlen keine Ablagerung von Meerespflanzen," und wenn man Inhalt und Beweise nachsucht, so findet man, dass er die Meerespflanzen für zu unbedeutend hält, um die Kohlenablagerungen zu erklären. Neben allen andern Unmöglichkeiten ist gerade die Ausdehnung der Kohlenablagerungen für die Torftheorie, welcher Prof. Unger den Vorzug gibt, eine der grössten. Ein Torfmoor von 20 bis 40 Quadratmeilen gilt schon für sehr gross. Was wird nun Hr. Unger zum Sargassomeer mit 40000 Quadratmeilen, dem er allen Angaben der Seefahrer zum Trotz nur 4000 Quadratmeilen zugesteht, sagen? was zu den Ansammlungen der Riesentange der Südsee, welche 180 Längengrade, den halben Erdumfang, messen? Was will ein armes Laubmoos gegen den Riesentang bedeuten, von 200 bis 300 Fuss Länge und mehreren Zentnern Gewicht? Ein Pfennig vor's Auge gehalten deckt die Sonne zu.

Organische und unorganische Bestandtheile der Tange. In wiefern die Substanz der Tange zur Steinkohlenbildung Veranlassung

geben könne, geht aus der Analyse derselben hervor. Anderson*) hat, um den Düngewerth der Tange zu bestimmen, verschiedene untersucht. Er fand in 100 Theilen frischer Tange:

	Wasser	Proteïnkörper	Asche	Faser
Fucus nodosus	74,3	1,7	4,9	19,0
Fucus vesiculosus	70,5	2,0	5,4	22,0
Fucus digitatus				
Ende Herbst	88,7	0,9	5,5	4,9
Ende Frühling	77,3	3,3	10,4	9,0
Seetangdünger	80,4	2,8	10,3	6,4

Man sieht, dass alle stickstofffreien Theile der Pflanze unter dem Namen Faser aufgeführt sind. Bekannt ist aber, dass die Tange viel Schleim und andere in Wasser theils lösliche, theils aufquellbare Stoffe enthalten.

Der stickstoffhaltige Antheil macht einen sehr ansehnlichen Bestandtheil des stickstofffreien aus. Bei Fucus nodosus und vesiculosus $\frac{1}{12}$, bei F. digitatus im Herbst $\frac{1}{4}$, im Frühjahr $\frac{1}{3}$, im gefaulten Dünger sogar mehr als $\frac{1}{3}$, nahe 44 % aus. Es hat sich also durch Vermoderung der stickstofffreie Antheil mehr vermindert, als der stickstoffhaltige. Die Aschenbestandtheile sind grösstentheils löslich, und treten bei der Vermoderung ins Meer zurück. Aus diesem Grunde fehlt auch in den meisten Fällen der Jodgehalt ganz, so wie auch Phosphorsäure und Kali. Gleichwohl ist Jod von Odling, Bussy und Duflos und andern in den Steinkohlenaschen nachgewiesen worden, was als eine Bestätigung der Ansicht angesehen werden kann. Die Aschen der Steinkohlen bestehen aus geschmolzenen Silicaten, deren Bestandtheile in Pflanzen nicht vorkommen, und insbesondere enthalten sie Thonerde. Sie stammen also unzweifelhaft von Landdetritus ab, der als Schlamm zugleich mit den Pflanzen sich absetzte. Die Aschen der Tange sind bekanntlich selbst schmelzbar. Sie enthalten 20 bis 24 % Schwefelsäure, ebensoviel Kochsalz, 1 bis 2 % Phosphorsäure, $\frac{1}{2}$ % Kieselsäure und $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ % Jodkalium. Die Asche der Stengel enthält viel Chlorkalium, weniger die Asche der Wedel. Den Jodgehalt kann man in der Asche von einem Stückchen Tang von der Grösse eines Pfennigs nachweisen.

Thonerde ist in der Kelpasche gar nicht enthalten, Kalk und Bittererde von 8 bis 16 %. Die Aschenmenge ist bei den Tangen sehr bedeutend. Gaedechens**) erhielt von Fucus digitatus 20,4 %, Fucus nodosus 16,7 %, Fucus serratus 15,6 %, Fucus vesiculosus 13,3 %;

*) Journal of Agricultura of the Highland Agric. Society (New Lories) Nr. 53, p. 349; Chem. Centralblatt 1856, S. 665.

**) Journal für prakt. Chemie 38,132.

Wittstein erhielt von Laminaria saccharina 10 % Asche. Alle diese Stoffe treten bei der Vermoderung ganz oder grösstentheils aus, und die Steinkohlenasche hat den bereits erwähnten Ursprung.

Von organischen Stoffen hat Stenhouse*) in der Laminaria saccharina Mannit, und zwar 12,15 % von der trocknen Substanz nachgewiesen. Durch Eindampfen des wässrigen Auszugs und Behandeln des Rückstandes mit heissem Weingeist hat er diesen Stoff in langen prismatischen Krystallen dargestellt. Die Halydris siliquosa enthält an 5 bis 6 % Mannit, die Rhodomenia palmata 2 %. Neben dem Mannit enthält die Laminaria saccharina, sowie andere Seetange, eine grosse Menge einer schleimigen Materie, welche beim Trocknen eine tiefrothe Farbe annimmt. Sie unterscheidet sich vom gewöhnlichen Gummi, dass sie mit Salpetersäure Oxalsäure und keine Schleimsäure oder Zuckersäure liefert. Von O'Shaughnessy wird Stärke und Pektin als Bestandtheil des Fucus lichenoides angeführt. Die Ulva latissima enthält keinen Mannit, aber eine grosse Menge süssen, grüngefärbten Schleimes. Die Quantität Mannit, welche die Laminaria saccharina enthält, ist so gross, dass man nach Stenhouse's Ansicht diesen Stoff daraus wohlfeiler darstellen kann, als aus Manna selbst. Die grosse Menge dieser Kohlenhydrate bewirkt die von der Vermoderung der Holzfaser ganz abweichende Art der Zersetzung. Grosse Mengen Tange angehäuft sinken bald zu einer formlosen Masse zusammen, welche einen unerträglichen Geruch ausstösst. Die getrockneten Tange, auch wenn sie von Thieren ganz gereinigt sind, brennen in der Flamme entzündet nicht fort, glimmen sehr wenig und verlöschen bald wieder, wobei sie einen sehr widrigen Geruch verbreiten.

Aschengehalt der Steinkohlen. Es ist nachgewiesen, dass die Aschen der Steinkohlen von mit zugleich niedergefallenen Detritus des Festlandes und nicht von den ursprünglichen Mineralbestandtheilen der Meerespflanzen abstammen. Dies geht wesentlich aus der Analyse dieser Aschen hervor. Bei der Absetzung in vom Festlande entfernten Stellen konnte dieser Aschengehalt sehr gering ausfallen, und im Allgemeinen sind auch die Aschenprocente der Steinkohlen geringer als die der Torfe und Braunkohlen, weil diese auf dem Lande der Einschlämmung von Erdtheilen mehr ausgesetzt waren. Die Landpflanzen, insbesondere die zu Lignit werdenden Baumstämme, enthalten von Haus aus weniger Aschenbestandtheile als die Meerespflanzen. Der hohe Aschengehalt der Torfe und Braunkohlen ist demnach auch kein nothwendiger, sondern nur ein wahrscheinlicher. Die Lignite können den Aschengehalt nicht einmal durch Einschlämmen, sondern nur durch Infiltration erhalten haben, die Torfe durch beides. Es finden sich deshalb auch Torfe und Lignite von sehr geringem, und Steinkohlen von sehr hohem Aschengehalt. In der Mehrzahl der Fälle ist jedoch das Verhältniss umgekehrt.

*) Annalen der Chem. u. Pharm. 51,351.

Es mögen deshalb hier einige Durchschnittsresultate folgen, welche nicht ausgewählt sind, sondern immer die ganzen Reihen der Analysen enthalten. Sie finden sich in Kenngott's Uebersicht vom Jahre 1850 und 1851, S. 156, 157 und 158. E. Bischoff hat 18 Proben Braunkohlen der Preussischen Provinz Sachsen analysirt. Der Aschengehalt ist im Durchschnitt 13,6 %; die höchste Menge ist 29 und 30 %, nur eine mit 1,83, und eine mit 2,32 %; alle andern stehen um 12 und 20 %.

W. Baer fand in 10 Braunkohlen im Mittel 11,17 %, nur eine darunter mit 3,35, eine mit 4,95 %, die andern alle nur 11 bis 12 %, eine mit 26½ %.

W. Baer untersuchte 21 Proben von Steinkohlen aus Schlesien und Westphalen. Der mittlere Aschengehalt ist 5,77 %; nur 4 gehen über 10 %; ferner untersuchte W. Baer 27 Steinkohlen, Schlesische, Sächsische, Westphälische und Dürener. Mittlerer Aschengehalt 5,15 %, darunter 11, die nicht 3 % erreichen, und nur 4 über 10 %. Als Mittel von 28 Braunkohlen und 48 Steinkohlen ist der Aschengehalt der Braunkohle 12,7, und der Steinkohlen 5,42, also mehr wie das Doppelte als bei der Steinkohle, folglich meine Behauptung richtig.

Stickstoffgehalt der Steinkohle. Der Stickstoffgehalt der Steinkohlen ist eine der merkwürdigsten Thatsachen. Alle Steinkohlen ohne Ausnahme geben ammoniakalische Destillate. Das Theerwasser der Gasfabriken enthält 2 % bis 2½ % Ammoniak. In dem Steinkohlentheer setzen sich oft dichte Massen von einem durchsichtigen Salze ab, welches stark nach Theer riecht. Ein solches in der Gasfabrik zu Coblenz zentnerweise abgesetztes Salz zeigte sich bei der Analyse als doppelt kohlensaures Ammoniak. Bekannt ist, dass alles Ammoniak des Handels und der Gewerbe aus der Gasbereitung, und folglich aus der Steinkohle abstammt. In der Alaunfabrikation hat das Ammoniak das Kali verdrängt. Die Gasfabrik der Stadt Bonn erzeugt jährlich 1600 Ohm Gaswasser (à 120 Quart) zu 2 bis 2½ % Ammoniakgehalt. Die ganze Menge des erzeugten Ammoniaks berechnet sich auf mehr als 10000 Pfund.

Dagegen geben alle natürlichen Pflanzen, Blätter, Stengel, Hölzer nur saure Destillate, welche Essigsäure enthalten. Nach Kremers findet dies auch noch bei den Braunkohlen und Torfen ganz allgemein statt, und nach andern finden sich nur einzelne Vorkommnisse in Braunkohlen und Torfen, welche ammoniakalische Destillate geben. Es muss also bei den Steinkohlen ein besonderer Grund zu der Gegenwart von so bedeutenden Mengen Ammoniak vorhanden sein. Aus Baumstämmen, Farrn, Moosen allein kann niemals eine Kohle entstehen, welche ammoniakalische Destillate gibt. Dieser Grund ist bei der Steinkohle in der Menge von Thieren gegeben, welche auf den Blättern der Tange sitzen. Wenn man Blätter von Fucus vesiculosus, serratus, Luminaria u. a. genau betrachtet, so sind dieselben oft ganz dicht mit kleinen Schalthieren besetzt, welche ganz regelmässig, wie die Eier der Ringel-

raupe, neben einander sitzen. Vollständig glatte und gereinigte Blätter von Fucus vesiculosus geben in einer Glasröhre erhitzt, ein saures Destillat; dagegen die natürlichen nicht gereinigten Blätter geben bei dem kleinsten Versuche ein entschieden ammoniakalisches Destillat, welches rothes Lakmuspapier sogleich blau färbt. Die Schalen dieser Thierchen enthalten kohlensauren Kalk und brausen mit Salzsäure lebhaft auf. Ein auf diese Weise gereinigtes Blatt gab ein saures Destillat, obgleich noch die Gestalt der Thiere zum Theil zu erkennen war. Von den auf den Tangen lebenden Thieren gibt Darwin*) ein lebendiges Bild: „Die Zahl lebendiger Geschöpfe von allen Ordnungen, sagt er, deren Existenz aufs innigste mit dem Fucus zusammenhängt, ist wundervoll. Man könnte ein dickes Buch schreiben, wollte man die Bewohner einer Flur von diesem Tang beschreiben. Fast jedes Blatt, mit Ausnahme derer, die auf der Oberfläche schwimmen, ist so dick mit Corallinen überkleidet, dass es ganz weiss ist. Auf den flachen Oberflächen der Blätter finden sich verschiedenartige Tellermuscheln, Trochen, nackte Mollusken und einige Bialven. Zahllose Crustaceen besuchen jeden Theil dieser Pflanze. Wenn man die grossen verworrenen Wurzeln schüttelt, so fällt ein Haufe von kleinen Fischen, Muscheln, Sepien, Krabben von allen Ordnungen, Seeeiern, Seesternen, schönen Holothurien, Planarien und kriechenden Nereïden von einer grossen Mannigfaltigkeit heraus. So oft ich einen Zweig eines Tangs untersuchte, entdeckte ich immer neue und merkwürdige Thiergestalten.“ In ganz ähnlicher Weise drückt sich Meyen in der Reise der „Prinzess Luise“ aus. Es fehlt demnach nicht an Thieren, welche fest auf dem Tang sitzen, mit ihm fortschwimmen und mit ihm untersinken. Die Verwandlung, welche die Albumingebilde bei dieser Verschüttung erfahren, ist nicht ermittelt, aber sicher ist, dass der Stickstoff des nachher entstehenden Ammoniaks noch in chemischer Verbindung ist. Wenn wir nun auch sehen, dass schwarze Stinkkalke bei der trocknen Destillation Spuren von Ammoniak ausgeben, die doch nur von Thieren herrühren können, so ist einleuchtend, dass der Stickstoffgehalt der Steinkohlen wesentlich von den zugleich mit den Tangen versenkten Thieren herrührt. Es ist wohl kaum ein Beweis schlagender für die marine Abstammung der Steinkohle, als dieser Stickstoffgehalt, denn solche ungeheure Massen von Thieren, als Darwin beschreibt, können nur im Meere wachsen, welches alle Bestandtheile der Pflanzen- und Thiernahrung enthält. Schalthiere können in Landseeen nur in kleinen Mengen wachsen, wegen des geringen Gehaltes an Kalk, und wegen des Mangels an Gyps oder seinem kleinern Antheil. Betrachtet man die kleine Menge von Süsswasserthieren, welche in Landseeen vorkommen, so erkennt man leicht, dass diese nicht genügen den Stickstoffgehalt zu erklären. Diejenigen, welche die Steinkohlen aus Calamiten und andern Rohrpflanzen ableiten, sind noch übler daran, denn diese

*) Naturwissenschaftl. Reisen I, 296.

Pflanzen sind in der Regel ganz frei von Thieren. Schon die einzelnen Fälle von ammoniakalischer Reaction bei Braunkohlen und Torf können nicht anders als durch Annahme gleichzeitig mit verschütteter Thiere erklärt werden, und deswegen treten diese Fälle so selten auf. Bei den Tangen ist aber die Gegenwart der Thiere Regel und durch die Beobachtung nachgewiesen. Während die frischen Tange mit den Thieren schon die ammoniakalische Reaction zeigen, geben alle Holzstämme, Rohre, Blätter nur saure. Die Blätterkohle, welche in grossen Mengen zur Erzeugung von Leuchtölen destillirt wird, gibt in der Regel ein saures Destillat, und ein bestimmter Fall, wo das Destillat Ammoniak enthielt (Beuler Leuchtölfabrik), erklärte sich durch eine sehr grosse Menge von Fischabdrücken.

Kremers*), welcher diesen Gegenstand mit Sorgfalt untersucht hat, spricht sich so aus: „Ich fand die durch Essigsäure bewirkte saure Reaction der trocknen Destillationsproducte durchgängig bei allen Braunkohlen, die ich untersuchte, und zwar nicht blos bei den noch gut erhaltenen, sondern auch bei ganz erdigen. In den trocknen Destillationsproducten der Steinkohlen konnte ich dagegen weder freie, noch an Ammoniak gebundene Essigsäure nachweisen. Wenn es nun bei der trocknen Destillation des Holzes wesentlich die Holzfaser ist, welche die Bildung der Essigsäure veranlasst, so wäre die Anwesenheit der Essigsäure in den trocknen Destillationsproducten der Braunkohlen, die gänzliche Abwesenheit derselben in denen der Steinkohlen allerdings der beste Reweis davon, dass in jenen noch unversehrte Holzfaser, in diesen dagegen nicht ist."

Was beweist gegen diese Allgemeinheit eine Anzahl einzelner Fälle, wo Braunkohle oder Torf auch alkalisch reagirt hätten? Zufälliges Absterben von Thieren in der Nähe, Gegenwart von Kalk, Concentration der Stoffe durch Verwesen von Holzfaser kann wohl an einer Stelle solche Verbindungen hervorbringen. Das verschwindet spurlos gegen die Thatsache, dass alle Steinkohlen ohne Ausnahme Ammoniak entwickeln, und so reichlich, dass man es betriebsmässig daraus gewinnt.

Ueber den Stickstoffgehalt der reinen Tange liegen wenige Thatsachen vor, und als Binnenländer bin ich nicht in der Lage, dieselben zu vermehren. Blondeau**) hat über den Fucus crispus oder Carragheen (Perlmoos) einige Untersuchungen mitgetheilt. Es wächst im Ueberfluss an den Küsten der Bretagne und Normandie. Er sagt davon, dass es erhitzt sich „unter Verbreitung von Ammoniakdünsten" zersetze, was ich nicht bestätigt gefunden habe. In Wasser gekocht scheint es sich ganz aufzulösen und bildet eine schleimige Masse, welche durch Erkalten zu einer Gallerte gesteht. Nach mehrstündigem Kochen

---

*) Pogg. Ann. 84,74.

**) Journ. de Pharm. Août 1865; Zeitschrift des östr. Apothekervereins. 3. Jahrgang. Nr. 23, S. 523.

in dest. Wasser soll sich eine vollständige Lösung bilden, welche mit Alkohol gefällt einen Niederschlag gebe, der in Wasser wieder gelöst und abgedampft kleine durchsichtige elastische Platten gebe, welche der Hausenblase ähnlich sind. Er nennt diesen Stoff, den er für die Grundlage des Gewebes hält, Goëmin, und will folgende Zusammensetzung gefunden haben:

Kohlenstoff	21,80,
Wasserstoff	4,87,
Stickstoff	21,36,
Schwefel	2,51,
Sauerstoff	49,46.

Diese Resultate sind höchst befremdend. Der Kohlenstoffgehalt erscheint gegen den der Albumingebilde (52 bis 54 %) ungemein niedrig, und der Sauerstoffgehalt sehr hoch. Ich trage deshalb Bedenken, dieser Analyse einen besondern Werth beizulegen. Ein Fehler in der Kohlenstoffbestimmung würde einen gewaltigen Einfluss auf den Sauerstoffgehalt ausüben; da aber der Stickstoffgehalt für sich allein bestimmt wird, so ist es möglich, dass dieser richtig sein könne, wenn auch die übrige Analyse falsch wäre. Nährkraft kann dieser Stoff in keinem Falle bei dieser Zusammensetzung besitzen, wegen der grossen Abweichung von den Albumingebilden; dagegen würde der hohe Stickstoffgehalt die ammoniakalischen Destillate erklären.

Noch andere Unterschiede zwischen Steinkohle, Lignit und Torf. Steinkohle ist dicht, hat ein höheres spec. Gewicht als Wasser (1,25—1,4), und sinkt sogleich in Wasser unter. Lignit und Torf sind porös und schwimmen sehr lange auf Wasser, ehe sie untersinken.

Steinkohle enthält nur wenige Procente Feuchtigkeit, und verliert, aus dem Flötz entnommen, an der Luft liegend, noch etwas davon. Dagegen enthält lufttrockner Torf nach A. Vogel in 3 Versuchen 18,6; 16 und 18 % Feuchtigkeit, die er bei 100° C. getrocknet verliert; absolut getrocknet zog dieser Torf 5 Tage in einem Keller liegend wieder 11,8 % Feuchtigkeit an. Der Wassergehalt des Torfes ist eine seiner bösesten Eigenschaften, indem das verdunstende Wasser die Hitze der Flamme bedeutend herabstimmt, und diesem Umstand mag es zuzuschreiben sein, dass auf den Mecklenburgischen Torfstichen, wo man sich einer Dampfmaschine zur Förderung bedient, der Kessel mit englischen Steinkohlen geheizt wird.

In gleicher Weise wasserhaltend und anziehend ist auch der Lignit.

Wenn man ein Stückchen Torf oder Lignit in einer Flamme entzündet und zum Theil zu Kohle brennen lässt, so glimmt diese Kohle weiter, wenn man sie brennend aus der Flamme zieht, und wird durch Anblasen noch lebhafter entzündet. Dagegen Steinkohle erlischt sogleich, wenn man sie aus der Flamme nimmt; und wenn sie noch glühend ist, wird sie durch Anblasen sogleich erkaltet und dunkel.

Dieser niemals versagende Unterschied der 3 Brennstoffe liegt in der Natur der daraus entstehenden Kohle oder Koake. Die Kohle des Torfes und Lignits ist der gemeinen Holzkohle ähnlich, welche, obgleich fast reiner Kohlenstoff, dennoch an der Luft sehr leicht brennt.

Die Koake der Steinkohle ist dicht, hart, schwer, meistens geschmolzen gewesen, und ihr Entzündungspunkt liegt über der Kirschrothgluth. In gleicher Weise lässt sich die Kohle von Eiweiss, Horn, Blut und andern stickstoffhaltigen Körpern nur äusserst schwer zu Asche verbrennen. Die einmal geglühte Koake der Steinkohle brennt erst bei Weissglühhitze, und ein unter diese Hitze erkaltetes Koaksfeuer wird durch Anblasen nur rascher ausgelöscht. Trocknes Holz, Stroh, Rohr, Farrnkrautrippen, glimmen entzündet und zu Kohle verbrannt weiter; Fucus vesiculosus und serratus verlöschen, aus der Flamme gezogen, sogleich unter Ausstossung eines unerträglichen Geruches.

Die Lockerheit, wasseranziehende Kraft und grosse Brennbarkeit des Torfes und Lignits ist eine Folge ihrer Entstehung aus Faserbündeln enthaltenden Pflanzen; der Mangel dieser Eigenschaften bei der Steinkohle beruht auf ihrer Entstehung aus faserleeren, mit viel lösbaren und quellbaren Kohlenhydraten versehenen Pflanzen, welche einen andern Verlauf der Vermoderung haben.

Alle Torfe und Lignite, mit ätzendem Alkali digerirt, geben eine braune, fast schwarze Lösung von Humussäure in dem Alkali; die Steinkohlen dagegen färben das Alkali aber nur gelblich; nur einige der jüngeren Steinkohlen, welche leicht schmelzen und viel Gas ausgeben, färben das Alkali etwas tiefer. Da nun der Humusbestandtheil, wie er in der Ackererde enthalten ist, aus der Vermoderung von Holzfaser entsteht, so darf man aus diesem Versuche schliessen, dass die Pflanzen der Steinkohle wenig oder gar keine Holzfaser enthalten haben. Ebenso sind alle in der Natur vorkommenden nicht aus Holzfaser entstandenen Kohlenwasserstoffe, wie Retinit, Idrialit, Ozokerit und ähnliche in Alkalien fast unlöslich. Der Haidingersche Dopplerit mit 40 % Sauerstoffgehalt, und nur 48 % Kohlenstoff hat eine so ungewöhnliche Zusammensetzung, dass seine Löslichkeit in Alkali nicht auffallen kann.

Das hohe spec. Gew. der Steinkohle und die dasselbe begründende Dichtigkeit hängen offenbar mit der Abwesenheit von Holzfaser und der Gegenwart leicht flüssig werdender Kohlenhydrate zusammen. Niemals hat man eine Uebergangsform von Lignit in Steinkohle, oder eine Steinkohle, die noch Spuren von Lignitsubstanz an sich trüge, wahrgenommen; die in den Steinkohlen enthaltenen Holzstämme sind von der Steinkohlenmasse durchdrungen und zeigen keine Lignitform, die ihnen sonst zukommen würde. Die Anthracitform der Holzfaser ist unbekannt.

Entstehung der Steinkohle. Wir haben nun den Verlauf der Steinkohlenbildung näher ins Auge zu fassen, nachdem wir den Stoff dazu in den Meerespflanzen gefunden haben; und die Uebereinstimmung

der Erscheinung mit der Theorie nachzuweisen. Diese ist so vollständig, dass sie kaum etwas zu wünschen übrig lässt. In allen Zeiten muss das Meer solche schlüpfrige Pflanzen erzeugt haben. Diese haben einen regelmässigen Lebensverlauf, sterben ab, werden vom Wellenschlage losgerissen und von den Meeresströmungen fortgeführt. Nach einer gewissen Zeit der Vermoderung sind die mit Luft gefüllten Zellen mit Wasser angefüllt, die Luftblasen verfault und geborsten, und die Pflanze sinkt auf den Meeresgrund. Da nun das Wachsen der Tange an bestimmte Oertlichkeiten geknüpft ist, und auch die Meeresströmungen Jahrtausende lang dieselben Richtungen behalten, die von den Passatwinden und der Gestalt des Landes abhängen, so ist es wahrscheinlich, dass die Tange immer an derselben Stelle des Hochmeeres versinken. Hiermit ist eine grosse Schwierigkeit in der natürlichsten Weise erklärt, nämlich der Aufbau so hoher Schichten Steinkohlen, als sich in den Bergwerken finden. Sämmtliche Flötze des Saarbrücker Kohlenlagers haben eine senkrechte Höhe von 338 Fuss, und darunter das Flötz Blücher mit 13 bis 16 Fuss Mächtigkeit. Solche ungeheure Anhäufungen sind nur denkbar, wenn die Pflanzen an einer andern Stelle wachsen, als wo sie niedergelegt werden. Das Niederfallen an derselben Stelle würde das Wachsen neuer Pflanzen nothwendig unterbrechen, denn in einer nur wenigen Fuss hohen Schichte frisch abgestorbener Pflanzen würde niemals eine neue wachsen können. Nur wenn die Pflanzen schwimmen, wie im Sargassomeer, würden sie auch an derselben Stelle versinken und dennoch hohe Lager aufbauen können. Angewachsene Tange werden immer von Stürmen losgerissen und dann in Meeresströmungen fortgeführt. So begegneten Darwin, Meyen und andern Reisenden schwimmende Inseln von Tangen, die sich nothwendig in den Meeresströmungen bewegten. Diese Richtungen sind so constant, dass auf guten Seekarten die Tange so gut wie Sandbänke oder Riffe angegeben sind. Damit erklärt sich nun noch eine Erscheinung, dass die Steinkohlen meistens so wenig Asche enthalten, denn die Pflanzen wuchsen in dem reinen Meerwasser und wurden auf dem hohen Meere versenkt, so dass sie kaum andere Aschenbestandtheile enthalten konnten, als ihre eignen, und nicht so reichliche, wie Braunkohlen und Torf, welche nothwendig mit Schlamm verschüttet wurden, oder darin wuchsen.

Die Steinkohle bildet in der Regel stetig fortlaufende Schichten oder Lager, sogenannte Kohlenflötze, welche sich nur durch das Material von den übrigen Schichten unterscheiden, in ihrer Ausdehnung und Lage sich aber geradeso verhalten wie diese. Sie treten in grösseren oder kleineren Intervallen zwischen den Sandstein- und Schieferthonschichten auf, welche die kohlenführenden Etagen der Formation vorzugsweise zusammensetzen, und erscheinen daher im Querschnitte als mehr oder minder breite, parallele, weit fortlaufende schwarze Bänder, durch welche das gewöhnlich hellerfarbige Schichtensystem von

Stelle zu Stelle unterbrochen ist. Ihre Mächtigkeit ist sehr verschieden, von einem Zoll bis zu 10, 20 und mehr Fussen. Die ganz schmalen Kohlenschichten, welche auch gewöhnlich nicht weit fortsetzen, werden Kohlenschmitzen, Kohlensäume genannt, und als nicht bauwürdig von den eigentlichen Flötzen unterschieden, obgleich sie geologisch nur in der Mächtigkeit davon abweichen.

Die Stetigkeit und Regelmässigkeit ihrer Ausdehnung ist oft erstaunlich, indem sie als vollkommene Parallelmassen mit ebenen Begränzungsflächen auf grosse Entfernungen hin verfolgt werden können, nicht selten fast spiegelglatte Ablösungsflächen besitzen (Naumann) und sich ununterbrochen über Räume von vielen Quadratmeilen ausbreiten. Doch kommen auch Flötze vor, welche eine mindere Regelmässigkeit und geringere Ausdehnung zeigen, dass sie nur aus linsenförmigen, ellipsoidischen und anders gestalteten Kohlenmassen inmitten der Zwischenmittel bestehen. Diese sind dann aus häufig abwechselnden Pflanzen und Landschlammabsätzen entstanden.

Im Pfälzisch-Saarbrückischen Steinkohlengebirge setzen nach Schmidt sogar manche schmale Kohlenflötzchen mit bewunderungswerther Stetigkeit fast durch den ganzen Bereich des Bassins, und auch im Westphälischen Kohlengebirge zeichnen sich nach v. Dechen die Flötze durch ihr grosses Aushalten im Streichen, durch ihren ununterbrochenen Verlauf quer durch alle Mulden und Sättel, und dadurch aus, dass sie auf meilenweite Distanzen dieselbe Mächtigkeit und Beschaffenheit behaupten. In Oberschlesien ist nach v. Oeynhausen die Regelmässigkeit der Flötze ganz erstaunlich; sie streichen oft mehrere hundert Lachter weit genau in derselben geraden Linie, haben vollkommen parallele Begränzungsflächen und liegen einander völlig parallel.

Man rechnet zur Steinkohlenformation gewöhnlich 3 verschiedene Bildungen; 1) den Kohlenkalk (Calcaire carbonifère, Mountain limestone); 2) die eigentliche Steinkohle; 3) den Kohlensandstein (Grès houiller, Carboniferous grit).

Der Kohlenkalk bildet die unterste Schichte und ist, wie alle grossen Kalkgebirge, reine Meeresbildung. Man findet in ihm Versteinerungen von Seethieren in grosser Menge, aber nur hier und da Schmitzen von Kohle, welche nicht bauwürdig sind. Der Kohlenkalk ist gewöhnlich grau, blau, seltener weiss oder schwarz, meist dicht, bituminös, stinkend, oft kieselig, bisweilen dolomitisch oder oolithisch, und enthält oft Knauer von Hornstein. Selten findet sich an seiner Basis Anhydrit, Gyps und Kochsalz, offenbar zufällig. Der Kohlensandstein beginnt oft mit grossen Conglomeraten und Breccien, und geht dann in grauliche, weisse oder gelbliche feste Sandsteine mit kieseligem Bindemittel über. Die Schieferthone, welche die Flötze der Steinkohlen trennen, sind weich, oft glimmerig, braun und schwarz. Im Hangenden der Flötze zeigen sich innerhalb dieser Schiefer Lager und Nieren von Thoneisenstein und Sphärosideriten späterer Bildung. Kohlensandstein

und Schieferthon enthalten nur selten Reste von Seethieren, dagegen eine Menge Versteinerungen und Abdrücke von Landpflanzen und solchen thierischen Geschöpfen, welche in Brackwassern, Sümpfen, sumpfigen Wäldern, Morästen und auf dem trocknen Lande leben.

Die eigentlichen Steinkohlen bilden innerhalb dieser Sand- und Thonschiefer horizontale und wellige Lagen, die man Flötze nennt.

Die ganze Ablagerung bildet muldenförmige Ausfüllungen von muldenförmigen Vertiefungen, die ursprünglich gänzlich verschüttet waren. Durch Hebung des ganzen Beckens und Abnagung durch Tagewasser ist das Ausgehende der Steinkohlenflötze oft entblöst und dem Menschen verrathen worden.

Die Ansicht, dass diese 3 Bildungen, der Kalk, die Steinkohle und der Sandstein, eine zusammengehörige Formation bildeten, ist einfach ein Irrthum. Mögen sie noch so oft und in derselben Rangordnung übereinander vorkommen, so stehen diese 3 Bildungen durchaus nicht in einem ursachlichen Zusammenhang. Die Kalkbildung stammt nothwendig von Schalthieren ab, welche ihren Kalkgehalt aus dem Gyps des Meerwassers entnehmen. Dies ist an einer andern Stelle ausführlich nachgewiesen, und es gibt keinen andern Vorgang auf der Erde, welcher die Entfernung der Schwefelsäure aus dem Gypse so vollständig erklärt. Die Rhizopoden nehmen den grössten Theil des Meeresboden auf dem offnen Meere ein, und da die Meeresströmungen, welche durch Passatwinde und die Gestalt der Länder verursacht werden, nur auf dem hohen Meere stattfinden, so ist die Wahrscheinlichkeit 100 gegen 1, dass jede Tangablagerung auf oder über Kalk fallen werde; aber eine Nothwendigkeit liegt nicht darin. Dagegen wird eine reichliche Ablagerung von Tangen jedes Leben auf dem Boden des Meeres ersticken. Es finden sich deshalb in dem Kohlenkalk, der nichts weniger als kohlenführend ist, wohl einzelne Schmitzen von Kohlen oder unbauwürdige Lager, aber keine mächtige Flötze. Wenn die Meeresströme durch veränderte Verhältnisse zwischen Land und Meer zuerst ihre Tange in jene Gegend hintreiben, so erscheinen sie in einzelnen kleinen Mengen, welche das Leben der Thiere noch nicht vollständig vernichten. Kehren sie aber reichlicher und jedes Jahr wieder, so hört damit die Kalkablagerung auf und die reine Steinkohlenablagerung beginnt. Auf der niedergeschlagenen Tangmasse kann sich auch nicht leicht ein neues Leben von Schalthieren entwickeln, da eine reichliche Kohlensäureabscheidung bald mit der Vermoderung beginnt, und diese das Leben der Thiere in grosser Nähe unmöglich macht. Sobald die Meeresströme ihren Lauf so genommen haben, dass sie regelmässig an derselben Stelle ihre schwimmenden und faulenden Tange absetzen, beginnt die Bildung der Steinkohlenflötze, die nur durch zufällige Bedeckung mit Letten- oder Sandschichten unterbrochen werden. Die Bedeutung dieser Letten oder Schieferthonlagen für die Geologie der Steinkohle ist schon entwickelt worden. Ihre Gegenwart und Form

allein, ohne die aus der Natur der Steinkohle selbst abgeleiteten Gründe, würde schon hinreichen, jede Ansicht von der Bildung der Steinkohlen in Wäldern und Torfmooren über den Haufen zu werfen. Dass sich diese Lettenschichten in den Steinkohlen getrennt abgelagert, in dem darunter liegenden Kalke aber als gleichmässige Beimengung vorfinden, hat ebenfalls einen natürlichen Grund. Die Kalkablagerung der Rhizopoden geschieht ununterbrochen das ganze Jahr hindurch, und der sich absetzende Schlamm mischt sich mit den Schalen der Thiere gleichmässig. Dies bedingt den Thongehalt der Kalksteine, welcher an seiner Stelle (S. 66) näher besprochen wurde. Dagegen die Tangablagerung geschieht nur zeitweise im Jahre, und hört dann wieder auf. Die niedersinkenden Tange reissen einen Theil des schwebenden Schlammes mit sich herunter, und dieser bedingt den Gehalt der Steinkohle an Thonerde-Silicaten in der Asche. Nach dem Ablagern der Tange kann eine grössere Menge Letten auf die Steinkohlenpflanzen fallen, die sich damit nicht innig vermengen kann; es entstehen dann die Schieferthonschichten. Die sehr ungleichen Aschengehalte der Steinkohlen von 2 bis 14 % lassen sich nicht anders, als durch fremde Beimengungen erklären, denn die Natur der Pflanze kann nicht in diesem Verhältnisse wechseln.*) Dass die Schlammergiessungen während der Steinkohlenbildung sehr ungleich waren, beweisen die sehr ungleich dicken Flötze derselben.

Gegen oben nehmen die Wechsel zwischen Schieferthon und Kohlenflötz an Zahl und Dünne zu.

Wenn sich die Gestalt des Landes ändert, und dasselbe durch Hebung seine Meeresufer vorrückt, so nähern sich die Kohlenablagerungen beziehungsweise dem Lande. Die Meeresströmungen nehmen ihre Richtung in anderer Weise, ziehen sich auf das hohe Meer zurück, und die Tangablagerungen kommen seltener, während jede Schlammergiessung aus Flüssen das Kohlenbecken erreicht. Nachdem das Land bis an dieses vorgerückt ist, werden die Kohlenablagerungen nicht nur mit dem weithin schwimmenden Lettenthon, sondern selbst mit dem dichteren Sande bedeckt. Nach der Hebung des Meeresbodens wird der Sand durch Infiltration in Sandstein verwandelt, und die trocken gelegte Steinkohle setzt ihren Vermoderungsprocess durch Aushauchen von Kohlensäure, zuletzt von Kohlenwasserstoff bis zum Anthracit fort. Es liegt also ganz in der Natur der Sache, dass die allgemeine Regel der Reihenfolge die ist, dass die Kohle über Kalk, und der Sandstein über der Kohle liegt.

Bei dieser Mitwirkung des Landes in der Unterbrechung der Kohlenflötze können auch andere Dinge in die Steinkohle gelangen: Blätter, Farrnkräuterbruchstücke, Holzstämme. Versinken die Blätter

*) Vgl. Baer im Archiv d. Pharm. 61,1, und 63,129. Liebig und Kopp. Jahresber. 1850, S. 688.

mit ihrer deutlichen Holzfaserung zugleich mit den Tangen, so kann das spätere Erkennen der Blätter-Structur zu dem Irrthum führen, als wenn die Blätter einen Antheil an der Kohlenbildung hätten. Ja es könnte ein Flötz reiner Blätterkohle und eine zusammenhängende Masse von Araucarienstämmen in der Steinkohle vorkommen, ohne damit zu dem Schlusse zu berechtigen, dass sie einen Antheil an deren Bildung hätten.

Das Versinken der Tangpflanzen im offenen Meere steht mit der Beschaffenheit des Meeresbodens in keiner Beziehung. Die Pflanzen würden versinken, gleichgültig, welche Beschaffenheit der Meeresboden hätte. Und so finden sich ausser den genannten Unter- und Ueberlagen auch noch andere vor.

Das Kohlenbecken in Wales zeigt im ganzen Umkreise den sogenannten Kohlenkalk. Auf ihm liegt der flötzleere Sandstein oder Millstone grit, der auch Lagen von Thonschiefer führt. Die Kohlenflötze sind höchstens 9 Fuss dick und im Ganzen nur 95 Fuss senkrechter Höhe bauwürdig. Ueber den Kohlenschichten liegt ein feinkörniger Sandstein, der weiter oben in den Millstone grit übergeht. Thonige Sphärosiderite, Süsswasserkalke sind späterer Bildung.

Das belgische Kohlenbecken hat einen blauen und schwärzlichen oft stinkenden Kohlenkalk. Er wird auch als belgischer schwarzer Marmor verwendet. Die so nahe bei einander liegenden Kohlenbecken von der Worm und von Eschweiler sind aus sehr verschiedenen Zeiten, denn die Kohlen des Wormreviers sind durch hohes Alter beinahe zu Anthracit geworden, indem manche 96 $\frac{0}{0}$ Koake geben. Diese Flötze sind zickzackförmig geknickt, ein Beweis für öftere Hebungen und Senkungen. Die Kohlen des Ruhrgebietes sind durch schwarze Thonschieferlagen getrennt, welche auch mit feinkörnigen Sandsteinen durchsetzt sind. Man baut meistens Kohlenschichten, die nur 20 Zoll mächtig sind. In manchen Schachten sind über 60 Flötze gefunden worden, die aber nicht alle bauwürdig sind.

Die grösste bekannte Kohlenablagerung auf der Erde ist das sogenannte Apalachische Kohlenfeld in Tennessee und Pennsilvanien. Doch darf man nicht die Ausbreitung des mit den Kohlen vorkommenden Kalkes und Sandsteines als den Umfang des Kohlenbeckens rechnen, sondern lediglich nur die Kohle. Auf dem östlichen Theile des Beckens sind alle Kohlen in Anthracit übergegangen, und nach dieser Seite hin nehmen die Verwerfungen und Störungen der horizontalen Lage zu. Es ist eine allgemeine Beobachtung, dass überall, wo sich Anthracit vorfindet, bedeutende Störungen der Schichtenfolge, Aufrichtungen und Umkehrungen stattgefunden haben. Dies erklärt sich ganz natürlich aus der längeren Zeit des Bestehens des Anthracits, welcher ursprünglich Steinkohle war, wie jede andere, und im Laufe der Zeiten durch Verlust von Kohlensäure und Kohlenwasserstoff fast sämmtlichen Gehalt an

Sauerstoff und Wasserstoff verloren hat, und in dieser Zeit auch an allen Hebungen und Senkungen des Landes Theil nehmen musste.

In mehreren Geologieen werden Binnenmulden von den marinen Ablagerungen unterschieden, und zu den ersteren das pfälzische, das niederschlesische, das sächsische, die französischen, die alpinischen und andere Becken gerechnet. Dazu ist jedoch nicht der geringste Grund vorhanden, denn dass diese Ablagerungen jetzt im Festlande liegen, beweist nicht, dass sie auf dem Festlande abgesetzt wurden, sondern vielmehr, dass dieses Festland zur Zeit der Ablagerung Meeresboden gewesen ist. Es unterscheiden sich die Kohlen der sogenannten Binnenmulden in nichts von den anderen Ablagerungen; sie besitzen die dünnen Lettenschichten, welche sich meilenweit fortziehen, und welche nur im Meere entstehen können. Die Mächtigkeit der Flötze und die Dünne der Lettenschichten beweist, dass die Pflanzen nicht an Ort und Stelle gewachsen sein können, sondern von andern Orten zusammengeführt worden sein müssen. Dieser Umstand allein schliesst Binnenmulden gänzlich aus. Das Flötz Blücher, von einer Mächtigkeit von 13 bis 16 Fuss, kann von Saarbrücken bis Neunkirchen verfolgt werden, und folglich auch die dasselbe einschliessenden Lettenschichten. Fehlten diese, so würde das Flötz mit dem darüber und darunter liegenden vereinigt noch weit mächtiger sein. Auch die grosse Menge des bedeckenden Sandsteins kann nur einer Meeresbildung zugeschrieben werden.

Die Lettenschichten des Niederschlesischen Beckens, dessen reichste Schichten in der Umgegend von Waldenburg entwickelt sind, kommen überall auf dem Umkreise des Beckens zu Tage, wo sie auf Gneissen, Glimmerschiefern und Uebergangsgebilden des Riesengebirges und des Eulengebirges aufruhen, während sie im Innern durch den rothen Sandstein bedeckt sind. Mannigfaltige Durchbrüche durch Porphyre, Basalte und andere Silicatgesteine haben die Lagerung gebrochen und gestört; diese Felsarten, welche von unten durch Anbildung aus Lösungen nach oben wuchsen, haben nach der Ablagerung die Brüche und Verwerfungen der Steinkohlen bewirkt, und auch die Ränder am meisten gehoben, wodurch diese entblöst wurden.

Die Steinkohlengebilde von Zwickau in Sachsen liegen unmittelbar auf Silicatgesteinen. Schieferthon scheidet die einzelnen Flötze; und ein Kohlensandstein liegt mächtig darüber. Auch die französischen Kohlengebilde von St. Etienne und Rive de Gier, südlich von Lyon, am rechten Ufer der Rhone, ruhen auf Gneissen und andern Silicatgesteinen, bei vollständigem Mangel an Bildungen des sogenannten silurischen und devonischen Systems. Nichts beweist mehr hier unsere Ansicht, dass die Steinkohlenpflanzen nicht in loco gewachsen sein können. Die niedersinkende Pflanze ist nicht wählerisch in Bezug auf die Unterlage, und kann es auch nicht sein.

Die Kohlenablagerungen der Erde stammen offenbar aus sehr verschiedenen Zeiten, weil sie immer stattfanden. Ihr Alter wird erkannt

aus der mehr oder weniger anthracitischen oder fettkohligen Beschaffenheit, und das Ende der Bildung wird durch die Hebung des Meeresbodens begränzt. Es ist nun sehr denkbar, dass Wärme den Fortgang der Verkohlung sehr beschleunigt, und dass eine Kohlenbildung, welche örtlich stärker erwärmt worden ist, eine andere in den Zeichen des Alters überholen kann, und dass deswegen nicht immer die am tiefsten gelegenen auch die am weitesten zur Anthracitbildung fortgeschrittenen sein müssen. Ohne solche Einflüsse muss die höher liegende Steinkohle fetter sein, weil sie jünger ist. Auf diesen Punkt sind noch keine Untersuchungen gerichtet worden.

Die Beschaffenheit der Steinkohle geht in der Regel von unten nach oben in zunehmendem Wasserstoffgehalt; deshalb liegen tief unten die mageren, oben die fetteren Kohlen. Auf dem Profil der Bochumer Kohlengruben, welches in der Ausstellung von Koeln (Juni 1865) aufgehangen war, erschien dio Reihenfolge der Flötze von unten nach oben in folgender Art: Magere Kohle, Essenkohle, fette Kohle, Gaskohle. In dem Bassin von Mons, wo nicht weniger als 115 Flötze in verschiedenen Höhen über einander liegen, liefern die obern 50 Flötze die fetteste und beste, die folgenden 50 eine minder fette und gute, und die untersten 15 Flötze eine sehr magere Kohle. Ein ähnliches Verhältniss findet bei Lüttich, bei Brassac in Frankreich und in anderen Gegenden statt. In den bei Portes in Frankreich gelegenen Kohlen des Bassins von Alais soll das entgegengesetzte Verhältniss vorkommen.

Die ersterwähnte Lagerungsfolge erklärt sich sehr leicht durch den natürlichen Verlauf der Steinkohlenablagerung, die immer nur oben geschehen kann, wo also die oberen Schichten nothwendig von späterer Bildung sein müssen. Zugleich deutet sie aber auch an, dass die Ablagerung selbst ungeheure Zeiträume gedauert haben müsse, weil die unteren Schichten schon magerer, dem Anthracit näher stehend, geworden sind. Die Mächtigkeit der Zwischenschichten deutet auf die ungleichen Zeiträume der Unterbrechung. Warum aber nach oft sehr bedeutenden Zwischenlagen von Sand an derselben Stelle wieder eine Ablagerung von Steinkohle, und so mehrmal stattgefunden habe, kann man unmöglich jetzt mehr errathen, wo die Gestalt der damaligen Meere verschwunden ist.

Nach den üblichen Ansichten der Formationsgeologie soll dem Kohlenkalk eine bestimmte Rolle in der Kohlenformation zukommen.

Wenn auch in der Regel die Steinkohle über kohlensaurem Kalke zu lagern kommt, so sind doch nicht andere Bildungen ausgeschlossen, welche möglicherweise den Meeresboden bedecken können. Das Steinkohlengebirge an der Ruhr ruht nach W. Strack*) unmittelbar auf Sandstein, und dieser auf abwechselnden Schichten von Schieferthon, Sandstein und Kalkstein. Im Ganzen sind 16 Schichten aufgezählt, von denen die unterste durchsunkene Grauwacke ist, dann aufwärtssteigend ein Kalkstein von 150 Fuss Mächtigkeit, Schiefer 80', Kalk 170', Schiefer und Grauwacke 90', das Hauptkalksteinlager von

*) Verhandl. des Rhein. Westphal. Naturhist. Vereins 1850, S. 186.

400 Fuss Mächtigkeit und weiter hinauf eine grosse Abwechslung von Sandstein, Schieferthon, Alaunerde, Kieselschiefer. In dieser Reihenfolge werden eine Anzahl Gebilde als gleichberechtigt aufgeführt, die offenbar spätere Bildungen sind. Im Meere selbst konnte sich nichts absetzen als Sand, Schieferthon und Kalk, und ein unter Nr. 6 aufgeführtes Galmeilager, unter 8 vitriolisch-alaunisches Flötz, Kalk mit Chloritmasse vermengt, unter 10,d Kieselschiefer und grober Bandjaspis, 500′ mächtig, und noch zwei alaunige Flötze sind spätere Bildungen und Infiltrationen; denn Kieselschiefer kann nicht durch Absetzen, sondern durch nachherige Infiltration und Verkittung entstehen; Galmei kann nur durch auslaugende Gewässer an einer Stelle gesammelt werden, in einem Meeresabsatz aber nicht als solcher vorhanden sein. Man sieht aus obiger Aufstellung, dass die 3 Meeresgebilde, Schiefer, Sand, Kalk unter sich gar keine Rangordnung haben, und es ist nicht unmöglich, dass unter der zu unterst liegenden Grauwacke der obigen Schichtenfolge noch einmal Steinkohle mit jenen 3 Gebilden mehrere Mal abwechsele. So viel ist auch ersichtlich, dass die Pflanzen der Ruhr'schen Steinkohlen nicht in situ können gewachsen seien, denn auf Sand und Kalk können keine Pflanzen wachsen; und es ist befremdlich, dass man bei dem oftmaligen Vorfinden solcher, den Pflanzenwuchs gänzlich ausschliessenden, Unterlagen nicht an der herrschenden Ansicht über die Entstehung der Steinkohlen aus Wäldern und Torf zweifelhaft geworden ist, da man nicht die zur Ernährung eines einzigen Baumes nöthige Dammerde vorgefunden hat, geschweige denn zu einer Steinkohlenbildung von 4 bis 500 Fuss Mächtigkeit. Hr. v. Dechen bemerkt (l. c. S. 189), dass man, bei der so gründlich erforschten Reihenfolge, daraus noch nicht den entsprechenden Nutzen gezogen habe, um diese Beobachtungen mit andern zu verknüpfen, und ihnen die richtige Stelle in der systematischen Betrachtung der gesammten Folge der Gebirgsschichten anzuweisen. Das dürfte auch wohl niemals zu erwarten sein, wenn der ganzen Anschauung nach ein Fehler zu Grunde liegt, und dieser besteht darin, dass man eine bestimmte Reihenfolge der Gebirgsschichten sucht, die nach ihrer Bildung nicht bestehen kann, und nach ihrem Vorkommen auch nicht besteht. Eben so unrichtig ist es, in verschiedenen Ablagerungen von Steinkohlen eine gleiche Ordnung zu erwarten, indem man die Schichten des einen Gebirges mit den Schichten eines andern vergleicht. Die Verhältnisse der Ablagerung sind an jeder Stelle, auch wenn sie nicht weit von einander entfernt sind, ganz andere. Man denke sich die Mündungen eines grossen Flusses, welcher Schlamm ins Meer wirft, der zu Thonschiefer werden kann, und rechts und links davon sind Sanddünen, die damit keine Aehnlichkeit haben. So hat man auch vergeblich eine Aehnlichkeit zwischen den Schichten der Kohlenablagerung an der Inde*) mit denen an der Ruhr gesucht. Grau-

*) Ebendas. S. 191.

wacke, Kalkstein, Thonschiefer wechseln auch hier mit einander ab, allein in anderer Zahl und Ordnung. So liegt das Kalksteinlager, welches dem 400′ mächtigen an der Ruhr entsprechen soll, an der Inde unmittelbar auf der Grauwacke, während an der Ruhr noch 5 andere Lager, 2 Kalkstein-, 2 Schiefer- und 1 Galmei-, dazwischen liegen. Das ist alles sehr möglich, eine blose Thatsache, und gibt zu keinen weiteren Schlüssen Veranlassung, als dass jene 5 Schichten an der Inde fehlen. Ueberhaupt wäre eine bestimmte Ueberlagerung nur eine geognostische Thatsache, die keinen besondern Werth hätte, wenn man nicht den geologischen Grund fände, warum sie so und nicht anders sein könnte. Ein solcher existirt aber nicht, weil alle die einzelnen Bildungen getrennte, verschiedene und in sehr weiten Zeiträumen auseinander liegende Vorgänge andeuten.

In dem Steinkohlengebirge von Lüttich hat sich folgende Reihenfolge der Schichten von unten beginnend, zwischen dem Hauptkalksteinlager und dem Kohlenlager herausgestellt:

1) Hauptkalksteinlager,
2) Grauer Schieferthon,
3) Schiefer mit eiförmigen, plattgedrückten Kalknieren,
4) Schiefer mit Kalklagen und oolithischem Eisenstein,
5) Glimmerreicher Sandstein, mit Kalklagen und einem Kohlenflötz,
6) Kalklager,
7) Dolomit,
8) Kalklager mit Nieren und Lagen von Kieselschiefer, mit 1 oder 2 Kohlenflötzen,
9) Kieselschiefer,
10) Körniger Quarz mit Schiefer, Sandstein und einem Kohlenflötz,
11) Alaunschiefer.

Auch diese Reihenfolge bestätigt die oben ausgesprochene Ansicht, dass hier Meeresabsätze und nachherige Bildungen mit einander zusammengeworfen sind. Keine Muschel hat eine aus Eisenoxyd bestehende Schale. Der oolithische Rotheisenstein bestand erst aus Kalkschalen, diese wurden durch Infiltration in Spatheisenstein verwandelt, und dieser ging erst durch Oxydation in Eisenoxyd über. Das alles konnte aber erst nach der Hebung des Gebirges geschehen, und es steht immer die Frage frei, ob die ganze Reihenfolge in einer untermeerischen Eintauchung hinter einander, oder ob dazwischen eine Hebung und nachher wieder eine Senkung stattgefunden habe.

In der Hauptmulde von Essen beträgt die Gesammtmächtigkeit der kohlenführenden Abtheilung etwas über 550 Fuss. Dieselbe enthält hier übereinander 50 bauwürdige Kohlenflötze von überhaupt $151\frac{1}{2}$ Fuss Mächtigkeit und 21 unbauwürdige Flötze, von überhaupt 23 Fuss Mächtigkeit. Die einzelnen bauwürdigen Flötze schwanken in ihrer Mächtig-

keit zwischen 15 Zoll und 15 Fuss. Die mächtigsten darunter enthalten aber stets unbrauchbare Zwischenlagen, sogenannte Bergmittel, so dass die grösste Mächtigkeit der reinen Kohle nur 5 Fuss beträgt. Für unbauwürdig gelten alle Flötze, welche nicht 15 Zoll erreichen.

Im Saarbrücker Kohlenbecken kennt man überhaupt 164 übereinanderliegende Kohlenflötze, von denen etwa 100 bauwürdig sind, zwischen 2 und 14 Fuss Dicke. Sie liegen zwischen vielfachen Wechseln von Sandstein und Schieferthon.

Das Erzgebirgische Steinkohlengebiet zwischen Zwickau und Hainichen enthält bei Zwickau, wo es am mächtigsten ist, 9 Hauptflötze von 4 bis 24 Fuss Mächtigkeit, welche zusammen 79 Fuss betragen.

Etwas ähnliches hat man niemals bei Torf und Braunkohlen bemerkt. Die verschütteten Lager beider Brennstoffe, welche nicht mehr wachsen können, sondern durch Aushauchung noch abnehmen müssen, zeigen keine entfernte Vergleichbarkeit mit diesen Zahlen; sie können also auch niemals zu solchen grossen Ablagerungen werden.

Naumann (G. II, 488) will beweisen, dass der Kohlenkalkstein, wenn er auch in manchen Gegenden als eine reine Kalkbildung von grosser Mächtigkeit erscheine, „doch nicht von der Steinkohlenbildung getrennt, sondern nur als ein eigenthümliches Formationsglied derselben betrachtet werden könne, welches hier zu einem einzigen mächtigen Schichtensysteme zusammengehalten, dort aber in lauter einzelne, getrennte Schichten zerschlagen ist.“

Nach dem jetzt in allen Beziehungen aufgeklärten Vorgange des Absatzes des kohlensauren Kalkes im Meere kann man nicht einsehen, wie darin eine Nöthigung zur nachfolgenden Bildung von Steinkohlen liegen solle. Die Absetzung der mächtigen Kalkschichten muss ungeheuer lange Zeiträume in Anspruch genommen haben, und während derselben muss die zwingende Ursache der nachherigen Kohlenbildung immer bestanden haben. In welcher Beziehung steht aber die Ausscheidung des kohlensauren Kalkes mit dem nachherigen Wachsen von Pflanzen, aus denen die Steinkohlen offenbar entstanden sind? Freilich, wenn man diejenigen Kalke, welche keine Kohlen führen, aus der Kohlenformation ausschliesst, und wenn man diejenigen Kohlen, welche keine Kalke führen, als „limnische“ Bildungen absondert, dann kann man zu solchen Ansichten gelangen. Die Auflagerung der Kohlen auf Kalk ist aber lediglich ein Zufall, und darum fehlt er auch oft. Dass aber gerade die mächtigsten Kohlenlager über Kalk ruhen und die minder mächtigen und mehr mit Landprodukten behafteten Kohlen den Kalk entbehren, ist kein Zufall, weil die grössten Ablagerungen auf offenem Meere stattfinden, dessen Boden fast durchaus mit Kalkabsatz bedeckt ist, und die kleineren sich eher dem Lande näheren, wo die Bildung der Foraminiferen weniger begünstigt ist.

Der sogenannte Kohlenkalk hat in Südwales 500 Fuss, im Forest of Dean 700, in Derbyshire 700 bis 800, in Monmouthshire 1000, in

der Gegend von Bristol an 1500 und in den Mendiphills an 2000 Fuss Mächtigkeit, die Zwischenbildungen mit eingerechnet, dagegen erscheint er in andern Gegenden nur stellenweise und mit geringer Mächtigkeit ausgebildet, theils auch nicht zur Ausbildung gelangt. Man muss aber auch bedenken, dass da, wo der Kalk zu Tage ausgeht, er im Laufe der Zeit sehr viel durch Verwitterung und Abwaschung verloren haben muss. Die grosse Verbreitung des Kohlenkalks, welche Naumann auf Hunderttausende von Quadratmeilen berechnet, kann uns gar nicht wundern, wenn wir die heutige Verbreitung der Kalkthierchen im Meere beobachten. Es können deshalb alle von Naumann (II, S. 491) angeführten Beispiele nicht hinreichen, zu beweisen, „dass der Kohlenkalkstein, ungeachtet seiner erstaunlichen Verbreitung und bedeutenden Mächtigkeit doch nur als ein Glied der Steinkohlenformation zu betrachten sei."

Eine ähnliche Betrachtung gilt für die Sandsteingebilde. Ihre Entstehung, als lediglich vom Festlande, den Meeresufern und den Aestuarien der Flüsse abhängen, steht mit der Steinkohlenbildung ausser allem Zusammenhang. Wenn man nur diejenigen Sandsteinschichten „kohlenführend" (grès houiller) nennt, welche wirklich Kohlen führen, so kömmt man in keine Verlegenheit.

Naumann (II, S. 452) sieht den Unterschied von Meeresablagerungen (paralischen) und Landseeablagerungen (limnischen) in dem Umstand, ob Kohlenkalk vorhanden ist oder nicht. Dieser Grund ist aber nicht stichhaltig, denn die Gegenwart des Kalkes ist, wie wir oben bewiesen, nur zufällig, und steht mit der Steinkohlenbildung in keiner Beziehung, im Uebrigen aber sind diese beiden Ablagerungen in allen Beziehungen so vollständig einander gleich, dass man unmöglich eine ganz andere Vegetation als Grundlage annehmen kann.

Nach demselben (II, 466) ist der Kohlenkalk das hauptsächlichste Repositorium für die „aus der carbonischen Periode" stammenden thierischen Ueberreste, wie der Schieferthon es in Betreff der pflanzlichen ist. Das ist sehr natürlich: der Kalk entsteht aus Thierchen und Thieren, die im Meere nur Schalen von kohlensaurem Kalk haben können; der Schieferthon ist Schlamm von Flüssen, der mit abgerissenen und schwimmenden Landpflanzen ankommt und sich absetzt.

Der Kohlenkalk ist meist deutlich geschichtet; seine Schichten haben eine sehr verschiedene Mächtigkeit und erscheinen bald als sehr dicke Bänke, bald als plattenförmige Lagen. Der Kohlenkalk entsteht aus Ablagerungen von mikroskopischen Schalthieren; die Zwischenlagen von Schieferthon oder Kieselschiefer, was dieser aber erst später wurde, sind Absätze von Flusswasser. Nach einem solchen Absatz konnte die Ablagerung von Kalkthierchen wieder beginnen, und unbestimmt oft wieder durch Zwischenlagen unterbrochen werden. Naumann hebt aber seine Unterscheidung der Meeres- und Landseebecken selbst wieder auf, indem er anführt (II, 468), dass auch limnische Steinkohlenbassins untergeordnete Schichten von Kalkstein enthalten, die er gern für Süss-

wasserkalk erklären mögte, „obgleich sie keineswegs durch organische Ueberreste als solche characterisirt sind.“ Süsswasserkalke können niemals aus blosen Schalen von Conchylien gebildet sein, weil die Süsswasser keinen Gyps enthalten; vielmehr sind sie blose Umformungen von ächten Meereskalken durch kohlensaure Wasser, und wenn auch zahlreiche Crustaceen darin vorkommen, so sind doch alle Zwischenräume und die Hauptmasse aus chemisch abgesetztem kohlensaurem Kalke gebildet, der schon von früheren Meeresbildungen abstammt. Der überall von Naumann durchgeführte Unterschied von Meer- und Landbildungen existirt also nirgendwo nach seinen eigenen Anführungen, denn auf S. 468 bemerkt er, dass „paralische Formationen oft einzelne Schichten einschliessen, welche mehr den Character von limnischen Sedimenten hätten.“

Am Crossfell in Northumberland ist die Hauptmasse des Kohlenkalksteins in 15 verschiedene Lager von 440 Fuss summarischer Mächtigkeit getrennt, welche durch bedeutende Zwischenmittel von Schieferthon abgesondert werden, sodass das ganze Schichtensystem über 1000 Fuss mächtig ist. Es sind also die Kalkablagerungen jedes Mal längere Zeit durch Schlammabsätze vom Festlande her unterbrochen worden. Nur eine genaue Begriffstrennung der einzelnen Bildungen gibt uns die Möglichkeit, auch die Uebereinanderlagerung richtig zu deuten. Dass der Kohlenkalk keine bestimmte Reihenfolge in der Schichtenbildung der Erde habe, geht aus zahlreichen Thatsachen hervor, welche Naumann (II, 491) anführt. Bei Bristol wird, nach Buckland und Bright, eine mächtige Ablagerung des Kohlenkalkes von grünen und schwärzlichen Schieferthonen, die stellenweise 300 Fuss Mächtigkeit haben, getragen. In Berwickshire liegen die ergiebigsten Schichten der Steinkohlenformation unter dem Kohlenkalkstein. In Irland wird der eigentliche Kohlenkalkstein von einer 600 Fuss mächtigen Sandsteinbildung getragen, die nach unten untergeordnete Schichten von Schieferthon, Kalkstein und schlechter Steinkohle umschliesst. In Belgien liegen nach Dumont unter dem Kohlenkalksteine glimmerreiche Sandsteine, welche einige Kalksteinlagen, nach oben auch ein Kohlenflötz enthalten. Im mittleren Russland, am Waldai, bei Moskau, Tula, Kaluga liegen Sandsteine, Sand, Thon und Schieferthon mit schlechten Kohlenflötzen, mit Stigmaria ficoides und „andern carbonischen Pflanzen“ unter dem dortigen Kohlenkalkstein, mit welchem die „Steinkohlenformation“ in diesen Gegenden zu Ende geht. In Nordamerica, Ohio, Kentucky, Indiana, wird die Hauptablagerung des Kohlenkalkes von einer mächtigen Sandsteinschichte getragen, während Kohlen gar nicht dabei vorkommen.

Bei der Menge dieser Thatsachen ist es unmöglich, an eine bestimmte Reihenfolge zu glauben, die auch nicht den geringsten innern Grund hat. Die Schwierigkeiten entstehen nur aus einem falschen System, dass man Dinge zusammenfasst, die in keinem ursachlichen Zusammenhange stehen. Deshalb ist auch der Kohlenkalk eine für sich

ganz allein bestehende Bildung, und nicht, wie Manche glauben, nur ein Glied der Steinkohlenformation.

Ueber die Beziehungen sogenannter plutonischer Gesteine zu Steinkohlen liegen eine Anzahl Fälle vor.

Das Bassin von Flöha lässt 4 Etagen unterscheiden, deren regelmässige Aufeinanderfolge durch natürliche Entblösungen und bergmännische Arbeiten festgestellt ist. Die unterste besteht aus Sandstein und etwas Schieferthon mit ein Paar schmalen Kohlenflötzen; die zweite Etage aus Gneissconglomerat, die dritte aus quarzführendem Porphyr, und die vierte hat eine Zusammensetzung wie die erste. Der Porphyr hat sich als eine stellenweise 200 Fuss mächtige Decke über dem Gneissconglomerate ausgebreitet (N. G. II, 485). Es ist unbegreiflich, wie bei dieser Lagerung noch von Steinkohle, und nicht von Koake, im Sinne des Plutonismus geredet werden kann.

Bei Brassac bildet der Porphyr ein etwa 30 Meter mächtiges Lager, welches (nach Bandin) so stetig und regelmässig zwischen den Schichten der Steinkohlenformation liegt, dass seine Gleichzeitigkeit mit dieser „nicht bezweifelt werden kann.“

Grünsteine treten in Devonshire zwischen den Sandsteinen, Schieferthonen der untern Etage der Kohlenformation auf, und in Staffordshire sollen nach Murchison (Sil. p. 468) in der obersten Etage der Steinkohlenformation Trapptuffe und Psammite plutonischer Bildung (volcanic grit!) auftreten. Bedenkt man, dass in allen diesen Fällen die plutonischen Gesteine keine Verkoakung der Steinkohle hervorgebracht haben, so scheint es mit deren Feuer nicht gefährlich gewesen zu sein. Wir wissen aber jetzt, dass grünsteinhaltige Gesteine bis zum wasserhaltigen Chlorit durch Infiltration in Kalk und Sand sich allmälig bilden, und dass demnach die erwähnten Grünsteine in den Steinkohlen keine ursprüngliche Absätze, keine vulkanische Tuffe, sondern erst spätere Bildungen sind. Niemals findet die Entstehung eines ächten Silicates im Meere selbst statt, weil hier alle Stoffe und Bedingungen fehlen, und es hat deshalb die Bildung der Steinkohle mit den vorgefundenen Silicaten nicht den geringsten ursachlichen Zusammenhang.

Bei Amaga, in der südamericanischen Provinz Antioquia, beginnt nach Degenhardt die Steinkohlenformation sofort mit einem 3 bis 6 Fuss mächtigen Kohlenflötze, welches dem Glimmerschiefer unmittelbar aufliegt. Dasselbe ist nach Lyell mit der Kohlenformation von Richmond in Virginien der Fall. Die Kohlen in dem Lyoner Gebiet liegen zum Theil unmittelbar auf Gneiss. Bei Niederwürschitz, im Erzgebirgigen Bassin, liegt unmittelbar auf der Oberfläche des alten Thonschiefers ein bis 5 Ellen mächtiges, sehr reines Kohlenflötz ausgebreitet. Es bestätigt sich also in allen Fällen, dass die Auflagerung an keine Regel gebunden ist. Wenn die Ablagerung der Steinkohlenpflanzen durch Veränderungen von Land und Meer beeinflusst wird, so ist es wahrscheinlich, dass beim Verrücken des Landes die Ablagerung auf Kalkschichten

zu liegen kommen, dagegen beim Rückweichen des Landes auf Thonschiefer, Sand, Silicate. Da wir nun nicht wissen können, welcher Fall jedes Mal vorhanden war, so ist uns auch die Möglichkeit abgeschnitten, diese Ansicht zu begründen.

Die Baumstämme im Steinkohlengebirge. Man hat von geologischer Seite einen grossen Werth auf die im Steinkohlengebirge, aber äusserst selten in der Steinkohle selbst, senkrecht stehenden oder liegenden Baumstämme gelegt. Bis zu Ende des Jahres 1846 hatte man nach Goeppert in dem Niederschlesischen oder Waldenburger Kohlenrevier 15 Sigillarien, 12 Lepidodendren, 2 Calamiten, in Oberschlesien 25 grösstentheils Sigillarien, im Saarbrückenschen 49 meistens Sigillarien, im Ganzen in Europa und America 277 Stämme aufgefunden. Er hält die Bestimmung der Species, und wenn dies nicht möglich wäre, der Gattung für besonders wichtig, und fordert die in der Lage befindlichen zu dieser Untersuchung auf, indem er gute Abbildungen, gleichsam als Steckbrief, mittheilt. Die betreffende Abhandlung nebst Abbildungen ist auch in den Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der Rheinlande 1849, S. 71, mitgetheilt. Es will aber scheinen, als wenn durch die naturhistorische Unterscheidung und Bezeichnung nur das botanische Interesse gewahrt wäre, denn auf die geologische Erklärung hat die Natur des Baumes gar keinen Einfluss, ja man ist geradezu durch die botanische Rücksicht von der richtigen Fährte abgelenkt worden. Die genaueste Beschreibung von tausend Arten und Bäumen würde uns nicht die Lagerung von einem einzigen erklären, und die richtige Deutung von Einem würde den Geologen der genauen Beschreibung von Tausenden überheben. Die Geologie kann sich noch keiner Errungenschaft rühmen, die von dieser Seite herkäme, wohl aber hat sie eine Menge Irrthümer zu beseitigen, wie unter andern auch den in Rede befindlichen, dass die Steinkohlen aus Baumstämmen entstanden wären, weil sie darin vorkommen. Alle in der Steinkohle befindlichen Stämme gehören zu ausgestorbenen Arten, wie auch die in den Letten befindlichen Farrn. Alle sind im Laufe der Zeit darwinisirt worden. Sie finden sich meistens in dem die Steinkohle bedeckenden Sandsteingebirge oder den zwischen den Flötzen liegenden Lettenschichten. Sie haben Aehnlichkeit mit unsern Rohren und Palmen nach dem Baue des Stammes, und würden die Meinung eines wärmeren Klimas erregen, wenn man annähme, dass sie in der Gegend des Steinkohlenflötzes gewachsen seien.

Was die Form betrifft, in welcher die isolirten im Sandsteine Schieferthon oder Sphärosiderit eingeschlossenen Pflanzenreste gefunden werden, so ist das Laub der Farrenkräuter und die Blätter aller übrigen Pflanzen gewöhnlich zu Kohle vermodert, bisweilen verkieselt, oder auch nur in Abdrücken vorhanden. Die Stämme sind grösstentheils brettartig zusammengedrückt, aber auch cylindrisch gestaltet, wenn sie aufrecht stehen. Nach Goeppert (Verhandl. des Rhein. Westphal. Vereins

11, 254) sind die stammartigen Pflanzen in der Steinkohle selbst fast immer in die Schichtungsfläche des Flötzes gelegt, und nur selten findet man einen oder den andern Stamm in diagonaler oder senkrechter Richtung, während dies bei den Stämmen in den Sandsteinschichten beinahe die Regel ist. Die Stämme sind meist an der Krone abgebrochen und auch die Wurzeln bis auf dicke stehen gebliebene Stummel entfernt.

Nach dem ganzen Erscheinen kann man nur annehmen, dass diese Bäume nicht an Ort und Stelle gewachsen sind, sondern durch Flüsse ins Meer getrieben dort eine Weile geschwommen haben, und endlich im Meere versunken sind. Dies stimmt auch mit unsern jetzigen Erfahrungen vollkommen überein. Sehen wir uns also auf der Erde nach ähnlichen Erscheinungen um.

Die Insel Island hat keinen eignen Holzwuchs, und würde bei der Armuth der Bewohner längst von Menschen verlassen sein, wenn nicht das an ihre Küsten treibende Holz südlicher Länder ihnen das Mittel gäbe, den nordischen Winter zu überdauern. Lord Dufferin*) erzählt von Spitzbergen: „Nachdem wir noch eine ganze Ladung Treibholz, für unser nächstes Weihnachtsfeuer bestimmt, aufgefischt und an Bord genommen hatten, sagten wir den schweigenden Bergen auf immer Lebewohl.“ Vogt erzählt in seiner Nordfahrt von Jan Meyen: „War in der Turnbucht ungemein viel Holz auf dem Sande zerstreut gewesen, so fand es sich an einer andern Stelle förmlich aufgeschichtet, so dass es wahrlich die Mühe lohnen könnte, in günstiger Jahreszeit von Island her ein Schiff zu senden, um das gestrandete Treibholz sammeln zu lassen.“ Prof. Vogt hält es für norwegisches Holz, welches wahrscheinlich durch den Golfstrom nach Spitzbergen getrieben, und von dort seinen Weg durch den Polarstrom nach Jan Meyen gefunden habe. Allein der Golfstrom geht bei Jan Meyen an beiden Seiten aufwärts und sogar noch westlich an Spitzbergen vorbei, und der Polarstrom geht theils dicht an der Grönländischen Küste zwischen Island und Grönland zurück, theils aber um Grönland herum durch die Baffinsbay und Davisstrasse in das atlantische Meer. Es muss deshalb das Treibholz von der americanischen Seite kommen, wie auch das bei Island strandende Holz, welche gerade durch den Golfstrom gehindert wird, von Europa her anzutreiben. Nun mündet aber auf der Ostseite von Nordamerica ausser dem Lorenzostrom kein bedeutender holztreibender Fluss, und die Treibhölzer des Atlantischen Meeres müssen aus südlichern Gegenden, etwa dem mexicanischen Meerbusen, kommen, in welchen der stark holztreibende Mississippi mündet. Leider ist die Natur der Treibhölzer nicht näher untersucht worden, um diese Frage zu entscheiden. Wir haben aber einen sichern Fall vorliegen, wo Holzstämme aus Süden weit nach Norden geführt werden. Das specifische Gewicht der Holzfaser ist etwas höher als das des Wassers, selbst des Meerwassers, und massives Holz schwimmt nur vermöge der in ihm befindlichen Luft.

*) Briefe a. hohen Breitegraden, deutsche Uebers., Braunschw. 1860, S. 243.

Ist diese entwichen, so sinkt es unter. Sägemehl von Tannenholz mit heissem Wasser angebrüht lässt sogleich den grössten Theil zu Boden sinken, und nur grössere Stückchen schwimmen noch eine Zeit lang. Zwischen den in die Mosel hineinragenden Krippen oder Buhnen entsteht ein stillstehendes Wasser, worin sich alle schwimmenden Holzstücke, die von Schiffen und der dicht am Ufer betriebenen Küferei herrühren, sammeln. Hier treiben sie ruhig so lange herum, bis sie untersinken. An einem solchen Badeplatze fand ich den Boden des Flusses wie mit Holz gepflastert, und darunter war auch Tannenholz, ganz schwarz geworden und als Stoff zu einer künftigen Lignitbildung abgelegt. Alle Bäume versinken in senkrechter Lage, weil die Wurzel etwas schwerer ist, als die Krone. In ein tiefes Wasserbassin eines Gartens waren ausgerissene verdorrte Stachelbeerbäumchen geworfen worden. Sie schwammen erst schief, richteten sich dann immer mehr auf, und versanken endlich senkrecht stehend auf den Boden, so dass sie auf die ausgebreiteten Wurzeln zu stehen kamen. Man konnte sie den ganzen Sommer über in dem klaren Wasser stehen sehen. Es ist demnach die Erscheinung des senkrechten Untersinkens vollständig erklärt.

Die vom Lande her ins Meer getriebenen Stämme können nun entweder in die Steinkohle fallen, oder auf andere Sedimentgesteine. Wenn sie noch ausgebreitete Wurzeln haben, so werden sie darauf mit einiger Stabilität zu stehen kommen. Von den nachher sinkenden Tangvegetationen, welche zusammenhängen, werden sie meistens umgerissen; dagegen kann sich Sand und Letten ganz leicht um sie herum lagern und sie in stehender Stellung einmauern. Dies erklärt den oben erwähnten Unterschied in der Lagerung der Stämme im Flötz und im Sandsteine. Die vom Prof. Noeggerath in einer 1819 herausgekommenen Schrift vertheidigte Ansicht, dass die stehenden Stämme in situ gewachsen wären, hat nicht die kleinste Wahrscheinlichkeit für sich, sowohl weil die Stämme in einem sehr verletzten Zustande erscheinen, als auch weil die Wurzeln des einen Stammes oft auf der Höhe der Krone eines andern stehen, viele senkrechtstehende Stämme gar keine Wurzeln haben, und auch die Unterlage der Stämme solche Gebirgsarten sind, die nicht aus Dammerde entstehen können. Man kann sich nämlich nicht vorstellen, wie die Dammerde, worin der Baum nothwendig gewachsen sein muss, nachher durch Steinkohle, Sandstein und andere Gebilde hätte können ersetzt werden, ohne dass der Baum in seiner Lage gestört worden wäre. Ferner kennen wir keinen Vorgang auf unserer Erde, durch welchen Bäume so rasch bis an ihre Krone könnten verschüttet werden, dass sie nicht während dieser Zeit des Abgestorbenseins und Stehens in Luft und Wasser verfault und durch Stürme umgeworfen worden wären. Man kennt den ungeheuren Abgang an Telegraphenstangen und Eisenbahnschwellen, den unsere Wälder kaum zu ersetzen im Stande sind. Achtzöllige Telegraphenstangen müssen oft nach 2 bis 3 Jahren frisch zugespitzt und um mehrere Fuss verkürzt neu gesetzt werden,

weil sie dicht über dem Boden abgefault sind. Wenn nun ein Baum verschüttet werden soll, so muss diese Operation mit Ueberfluthung und Absterben des Baumes beginnen. Wie viel Jahre gibt man jetzt Zeit, bis er an der Wassermarke vom Sturme abgebrochen wird, und wie viel Jahre wären nothwendig, ihn bis auf 12 Fuss Höhe mit Sand zu verschütten, und dann blieb er doch mit seinen Wurzeln in der Dammerde stecken?

Wenn demnach die Erscheinung nur durch Versinken von losgerissenen Stämmen unter Wasser erklärt werden kann, so müssen wir die Veränderungen näher betrachten, welche ein solcher Stamm im Laufe der Zeiten erleidet. Die Stämme, welche in den Steinkohlen vorkommen, waren frisch von sehr lockerer Beschaffenheit, oft hohl in der Mitte, und füllten sich im Innern mit Schieferthon, Sandstein, bisweilen sogar mit Conglomerat an. Das letztere ist allerdings schwer zu begreifen, wenn man nicht annehmen will, dass die hohlen Stämme erst aussen vollständig eingemauert waren, und dass das Conglomerat oder seine Theile hineinfielen, als der Stamm schon bis an seine Mündung von aussen verschüttet war. Eigentliche Verkieselungen mit Erhaltung der Holzfaser kommen sehr selten vor, meistens erscheinen die Stämme als Sandstein; einzelne Fälle von Verwandlung in kohlensauren Kalk oder in Sphärosiderit sind ebenfalls beobachtet worden. In allen Fällen, wo die Substanz des Baumes verschwunden ist, muss man annehmen, dass sie durch Oxydation entfernt wurde. Diese ganze Verwandlung konnte nicht unter Wasser, sondern erst nach Hebung der ganzen Bildung über die Oberfläche des Wassers und unter Zutritt von Sauerstoff stattfinden.

Einzelne intressante Beispiele solcher Vorkommnisse mögen hier erwähnt werden.

Logan fand unfern von Swansea vier schöne aufrechte Sigillarienstämme von 2 Fuss Dicke, einer war 13 Fuss lang, mit ihrem untern Ende auf einem Steinkohlenflötz stehend. Ein ähnliches Vorkommen bei le Treuil, im Kohlenbassin von St. Etienne, ist von Alex. Brogniart genau beschrieben worden. Das Kohlenflötz ist mit Schieferthon bedeckt; darüber folgt in einer Mächtigkeit von 18 Fuss der Kohlensandstein, welcher die senkrecht stehenden Stämme umschliesst. Man glaubt einen förmlichen Wald von grossen Equisetaceen und Calamiten zu sehen, die im Sande begraben wurden. Einzelne Stämme zeigen noch ihre Wurzelenden, und diese liegen auf ganz verschiedenen Niveaus, so dass schon Constant Prévost und Lindley daran zweifelten, dass sie sich auf ihrem ursprünglichen Standorte befänden.

Wo das Kohlenbassin von Lancashire von der Boltoner Eisenbahn durchschnitten wird, fand man in den etwa 15° nach Süden einfallenden Schichten innerhalb einer Entfernung von 100 Fuss sechs aufrechte Stämme, deren Wurzeln alle in weichem Schieferthon steckten. Fast in demselben Nineau liegt ein 8 bis 10 Zoll starkes Kohlenflötz. Die

Stämme hatten eine zerreibliche Kohlenrinde von ¼ bis ¾ Zoll Dicke, und einer derselben, welcher bis zu 11 Fuss Höhe aufragte, mass am untern Ende 15½ Fuss, am obern 7½ Fuss im Umfange (Naumann Th. II, 547).

In den Steinkohlenrevieren Englands gehören aufrechte Stämme nicht zu den Seltenheiten, wo sie von den Bergleuten coalpipes genannt und sehr gefürchtet werden, weil sie oft zu Unglücksfällen Veranlassung geben. Da sie nämlich keine Zweige haben, nach oben verjüngt und mit einer zerreiblichen Kohlenrinde versehen sind, so werden sie da, wo sie vertical stehend durch den Bergbau von unten, also in der Förste einer Strecke oder Abbaues entblöst werden, ihrer Unterstützung beraubt leicht aus ihrer Kohlenrinde herausrutschen, was bisweilen so plötzlich erfolgt, dass dadurch Verwundungen und Tödtungen von Bergleuten verursacht werden. Solche Ereignisse kann man sich leicht anschaulich machen, wenn man den obigen Stamm, die Maasse zu englischen Fussen angenommen, auf sein Gewicht berechnet. Bei einem mittleren Umfang von 11,5 engl. Fuss, und einer Höhe von 11 Fuss, würde dieser Stamm einen kubischen Inhalt von 198 engl. Kubikfuss haben, welche sich auf 5607,36 Liter in französischem Maasse reduciren. Das spec. Gewicht des Sandsteins zu 2,5, und das Liter zu 1 Kilogramm Gewicht angenommen, gibt 14018 Kilogramm oder 280 Zentner 36 Pfd. Diese 280 Zentner Gewicht konnten wohl schon zum Herausrutschen kommen, ehe sie unten ganz frei gemacht, vielleicht ehe sie nur bemerkt waren.

Auch ausserhalb des Steinkohlensandsteins kommen verkieselte Baumstämme vor. Buist (L'Institut 1846, Nr. 634) theilt mit, dass die Wüste zwischen Cairo und Suez in einer Länge von ungefähr 16 Meilen mit verkieselten Baumstämmen von 40 bis 50 Fuss Länge und 1 bis 2 Fuss Dicke in allen Lagen und ohne bestimmte Richtung bedeckt ist. Diese Verkieselung hat ohne Zweifel an Ort und Stelle stattgefunden. Will man annehmen, dass die Wüste Meeressand enthalte, und dass also diese Stämme vor der Hebung des Landes hier im Meer untergesunken seien, so ist es nicht unmöglich, dass auch Tange diesen Weg genommen haben, und dass der Erdbohrer vielleicht hier Steinkohlen antreffen werde. Es scheint also, dass einzelne Stämme sich fast niemals gegen Oxydation und Verdrängung des organischen Stoffes schützen können, und dass zur Erhaltung der Lignite massige Ablagerungen nothwendig gewesen sind. Es erscheinen dieselben auch überall viel jünger, als die Ablagerungen im Steinkohlensandstein. Das Vorkommen von einzelnen gebräunten aber nicht verkohlten Holzstämmen in den Tuffen des Brohlthals, würde für eine sehr junge Bildung sprechen.

In wiefern können Baumstämme allein Steinkohle geben. Von den in den Steinkohlen und in den sie bedeckenden Sandsteinen befindlichen Stämmen sind jene in den Kohlenlagern schwarz und brennbar, und die im Sandsteine sind selbst in Sandstein verwandelt, und

haben nur eine dünne Rinde einer kohligen Substanz. Ein Stück von dem Stamme einer Knorria, von 3 Zoll Durchmesser, hatte eine schwarze Rinde von etwa $\frac{1}{2}$ Millimeter Dicke, alles andere war in dichten Sandstein verwandelt. Diese Rinde zu Pulver zerrieben und in einem Platintiegel erhitzt, schwoll koaksartig auf, verbreitete den Geruch nach Steinkohle und gab sich als Steinkohlensubstanz zu erkennen. Da diese Knorria ganz in Sandstein eingebettet lag, so konnte die kohlige Substanz nur von ihr selbst abstammen, und man sah in diesem Versuche den Beweis, dass Steinkohlensubstanz aus Baumstämmen entstehen könne. Nun ist Steinkohlensubstanz allerdings noch nicht Steinkohle, ebensowenig als Marmor und Kreide identisch sind, denn es gehört zur Substanz auch noch die Eigenthümlichkeit der Form und der Lagerung. Aber selbst zugegeben, dass sich aus einem dreizolligen Stamme eine Schicht Steinkohlensubstanz von der Dicke einer Visitenkarte gebildet habe, so folgt daraus noch nicht, dass die ganze Steinkohlenablagerung demselben Vorgange ihren Ursprung verdanken könne, vielmehr gibt dieser Versuch den Schlüssel zu der Mitwirkung der rohrartigen Baumstämme in der Steinkohle.

Beim Vermodern der Torfe bilden sich besondere Kohlenwasserstoffe, welche nicht selten sich räumlich abscheiden, und dann als organische Stoffe, frei von allem Faserstoff, erscheinen. Hierhin gehören der Bergtalg, der Retinit, der Ozokerit, der Idrialit, Berggummi, Paraffin u. A. Diese Körper zeichnen sich durch einen grossen Widerstand gegen freien Sauerstoff aus. Sie oxydiren sich gar nicht, entwickeln keine Kohlensäure, und schützen einhüllend andere Körper gegen Oxydation. Andererseits kennen wir keinen organischen Körper, welcher in Berührung mit Luft, Wasser und Eisenoxyd sich so leicht oxydirt, als die Holzfaser. Ein Eichbaum von 1 Fuss Durchmesser 25 bis 30 Jahre in feuchter Erde oder auf der Oberfläche liegend, ist zu einem Haufen Gemölle zerfallen. Dagegen lässt sich z. B. das Paraffin kaum mit Salpetersäure, Chlor und Schwefelsäure oxydiren, welcher geringen Verwandtschaft es seinen Namen von parum affinis, verdankt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Kohlenwasserstoffe nicht aus der Zersetzung der Holzfaser, sondern den andern in den Pflanzen vorkommenden Stoffen abstammen, da wir eine Menge Lignitbildungen kennen, worin diese Stoffe keine Rolle spielen, wohl aber in Torfablagerungen dieselben häufiger finden. Aber auch im Torf machen die Kohlenwasserstoffe einen verschwindend kleinen Theil von dem faserigen Torfe aus. Aus der mannigfaltigen Natur der Torfpflanzen lässt sich die Verschiedenheit dieser Gebilde ableiten. Im vorliegenden Falle ist nun die ganze Holzfaser spurlos durch Oxydation verschwunden, und nur ein leiser Hauch eines organischen Stoffes, der wie ein aufgeklebtes Papier erscheint, ist zurückgeblieben. Dieser Stoff hat eine gewisse Aehnlichkeit mit Steinkohle: er riecht beim Erhitzen ebenso, sintert zusammen, gibt eine glänzende Koake, stellt aber nicht den hundertsten Theil des Kohlen-

stoffs vor, der in dem Knorrienstamm enthalten gewesen sein musste. Ungefähr dasselbe Verhältniss fand statt, wenn in dem kurz vorher erwähnten Baumstamme von 11½ Zoll mittlerem Umfange eine Kohlenschichte von ¾ Zoll übrig geblieben ist. Nun ist es eine allgemeine Thatsache, dass alle im Steinkohlensandstein vorkommenden Baumstämme in Kieselerde verwandelt sind, und dass sie immer nur diese dünne Rinde von einem schwarzen Ueberzug haben. Es ist also daraus bei weitem der grösste Theil des Kohlenstoffs, und gerade die ganze Holzfaser verschwunden, und es haben sich nur die widerständigen Kohlenwasserstoffe gerettet. Es folgt daraus, dass die Baumstämme, wenn sie allein im Sandsteingebirge vorkommen, grösstentheils durch Kohlensäurebildung sich auflösen, und eine Steinmasse zurücklassen, die nicht einmal schwarz gefärbt ist. Würde diese Umwandlung noch nicht ganz vor sich gegangen sein, so müsste der Holzstamm noch Fasern zeigen, und würde unschmelzbar sein, wie alle Torf- und Braunkohlen, welche dies thun. Gerade durch Oxydation der Holzfaser ist die Schmelzbarkeit der zurückbleibenden Kohle ermöglicht worden, und auch im Torf concentriren sich diese Stoffe durch Oxydation der Holzfaser bis zum Uebrigbleiben eines schmelzbaren Körpers.

Ganz anders ist es mit denjenigen Pflanzen, welche die ächte Steinkohle bilden. An den Durchschnitten der Rheinnahebahn zwischen Friedrichsthal und Saarbrücken sieht man in dem Sandsteine dünne Kohlenbänder und Schmitzen, welche vollständig schwarz und brennbar sind. Niemals sind diese, oft nur zolldicken, Kohlenschichten in Sandstein verwandelt. Wie kömmt es nun, kann man fragen, dass unter denselben Verhältnissen zwei-Fuss dicke Bäume ganz verschwinden, und nur eine dünne Lage kohliger Stoffe auf der Aussenfläche zeigen, während die Kohlenschichten schwarz auslaufen bis zu Fingerdicke, und eine reine Steinkohlennatur zeigen. Offenbar aus keinem andern Grunde, als weil die Kohlenpflanzen mehr von diesen Kohlenwasserstoffen gegeben haben und keine Holzfaser enthielten, während die Gefässpflanzen bei ihrem grossen Gehalt an Holzfaser grösstentheils verschwinden mussten. Werden aber die Baumstämme nicht im Sande, sondern in den Kohlenpflanzen eingebettet, dann werden sie von letztern durch Umhüllung gegen Verwesung geschützt. Es folgt daraus nothwendig, dass die eigentlichen Kohlenpflanzen und die Baumstämme ganz verschiedene Dinge sind, verschieden in der Form, in der Zusammensetzung und in der Art der Vermoderung, und dass also wesentlich die Kohlensubstanz von den nicht faserstoffigen Bestandtheilen der Pflanze abstammt. Anders kann man nicht erklären, warum alle von den Kohlenschichten getrennten Baumstämme vollständig oxydirt sind, und die darin eingetauchten erhalten, und es bestätigt sich dadurch die Ansicht, dass die Meerespflanzen die Hauptsache, und die eingemengten Stämme zufällig und Nebensache sind. Wären nicht die Meerespflanzen vorhanden, so würden wir dort, wo wir jetzt Calamiten und Sigillarien in den

Steinkohlen finden, Sandsteinstämme finden, wie sie in der That im Kohlensandstein liegen. Man vergesse dabei nicht die zolldicken Kohlenschmitzen, welche alle dieselben Zeiten und Wechsel ausgehalten haben, ohne ihre Steinkohlennatur zu verlieren.

Die Kohle der Steinkohlenpflanzen ist schmelzbar, weil sie fast nur aus solchen Kohlenwasserstoffen bestehet; die Kohle der Baumstämme erst dann, wenn die Holzfaser durch Oxydation verschwunden ist. Wenn nun auch im vorliegenden Falle die dünne schmelzbare Schichte von einer Gefässpflanze abstammt, so ist sie doch nur der Rest des Stammes, während er in der Steinkohle noch ganz vorhanden ist. Der Versuch ist also nicht auf die Holzfaser selbst gemacht worden, sondern auf diejenigen Entmischungsproducte, die gerade nicht aus Holzfaser abstammen.

Verschiedene Ansichten über die Entstehung der Steinkohlen. Die Geologen sind über die Entstehung der Steinkohlen nicht einig, weder was den Stoff, noch die Art der Ablagerung betrifft. Einige lassen dieselben lediglich aus Landpflanzen entstehen, und dann sind sie darüber getrennt, ob dies Bäume oder Torfpflanzen seien; einige gestatten, um sicher zu gehen, beide Arten; einige lassen nur im Meere, andere nur in Landseeen absetzen, wieder andere sowohl im Meere als in Landseeen. Von diesen 6 Modificationen sind sicherlich 5 falsch, wahrscheinlich aber alle 6. Ich setze denselben meine Ansicht entgegen, dass die Steinkohlen die Reste im Meere versunkener urweltlicher Meerespflanzen seien, welche an einem andern Orte, als wo sie gewachsen sind, abgelagert wurden, und dass die darin aufgefundenen Reste von Landpflanzen unwesentlich und zufällig seien, dass Meerespflanzen allein Steinkohle geben können, Landpflanzen allein aber nicht.

Von den obigen Combinationen ist die des juste milieu, wie überall, die unglücklichste. Bäume und Torf können unmöglich gleichzeitig zur Steinkohlenbildung mitwirken. Der Torf verlangt stagnirendes ruhiges Wasser, die Bäume verlangen festes trocknes Land; beide können getrennt gewachsen nicht in einander gerathen. Torf kann nur an Ort und Stelle eine Ablagerung geben, Baumstämme aber niemals, wie die Wälder der ganzen Erde beweisen. Es ist deshalb auch unbegreiflich, wie Goeppert gerade für diese beiden sich widersprechenden Bedingungen ficht, für Entstehung aus Baumstämmen und für Entstehung an Ort und Stelle. Er ist der Ansicht, dass bei den Steinkohlen da von einer Herbeiführung der Pflanzen aus weiter Ferne nicht die Rede sein könne, wo die feinsten Blättchen so ausserordentlich erhalten seien, wo die zu einander gehörenden Theile der Wedel fast immer zusammenliegen, die Blättchen der Fieder nicht geknickt und zerbrochen seien. Dieser Schluss ist mit seinen Prämissen falsch. Niemals liegen die zusammengehörigen Theile einer ganzen Pflanze zusammen, und es ist Hrn. Dr. Andrae nicht gelungen, ein einziges ganzes Exemplar einer Filix aus

Bruchstücken herzustellen. Die Wurzel fehlt fast immer, oder ist allein da. Die vollständige Erhaltung der feinsten Blattnerven beweist nichts sicherer, als dass diese Pflanzen ihren Lebenslauf nicht vollendet haben, dass sie nicht auf dem Stamme abgewelkt und ausgetrocknet sind, sondern dass sie in voller Saftfrische abgerissen und in Wasser fortgetrieben sind. Dabei wurden sie allerdings verletzt, wie sie auch vorkommen, aber der ganz gebliebene Theil war grün und unverwelkt, und konnte Hunderte von Meilen in einem geschwollenen Flusse forttreiben, ohne andere Verletzungen zu bekommen, als die von seinem ersten Abreissen. Zudem ist es auch ein grosser Irrthum, diese in den Schieferthonen vorkommenden Pflanzen mit der Steinkohle zu vermengen, mit der sie offenbar nichts gemein haben. Die Farrenkrautrippen stellen die dichteste und härteste Holzfaser vor, und eignen sich nicht, um Steinkohle zu geben, und sie erscheinen auch nicht in der Steinkohle, sondern nur in den Letten, und gerathen sie in die Steinkohlen, so bleiben sie darin als etwas Fremdes für alle Zeiten erkennbar. Es ist deshalb die Goeppert'sche Ansicht, die übrigens gar nicht bestimmt formulirt ist, und die sich nur aus gelegentlichen Bemerkungen entnehmen lässt, die allerschwächste, welche mit der ungeheuren Anhäufung in senkrechter Höhe gar nicht vereinigt werden kann. Das Wachsen an Ort und Stelle schliesst den Aufbau mächtiger Flötze absolut aus, und da diese Flötze existiren, so schliessen sie das Wachsen an Ort und Stelle aus.

Eine ganz gleiche Schwierigkeit machen die ganz dünnen, zölligen, parallelflächigen Steinkohlenflötzchen oder Schmitzen, die sich zum Verdrusse der Bergleute so oft finden.

Liegt eine solche Schmitze mitten im Sandstein, so kann sie doch nur schwimmend und sich absenkend dahin gelangt sein. Das geht nun einmal bei der Unger'schen Torftheorie nicht an, weil der Torf nicht zum Schwimmen gelangt, und auch abgesetzt keine Steinkohle geben kann. Es bliebe also hier nichts übrig als schwimmende Baumstämme, Calamiten und ähnliche Rohrpflanzen zu Hülfe zu nehmen. Man kann sich aber nicht vorstellen, wie eine solche Masse Baumstämme schwimmend geordnet sein sollen, dass sie, wie die Kohlenflötze, gar keine Lücken enthalte. Zudem versinken solche Baumstämme nicht gleichzeitig, sondern einzeln, wie sie eben mit Wasser vollgetränkt sind. Einzelne versenkte Baumstämme können aber niemals eine gleiche Schichte geben, da die oben noch schwimmenden ruhig forttreiben und ihren Ort wechseln. Die noch runden Stämme müssten auf dem noch weichen Schlamme ihre Form eindrücken, und es würde nicht genügen, dass hier und dort sich solche Eindrücke finden, sondern sie dürften nirgendwo fehlen, und wenn diese Bedingungen alle geleistet wären, was schützte denn diese Räume gegen Verkieselung, wie sie alle vereinzelten Stämme erfahren haben? Es folgt daraus, dass diese dünnen Kohlenflötze und Schmitzen durch nichts anders entstanden sein können, als

durch schwimmende, weiche, schlüpfrige, ineinander verfilzte Pflanzendecken, die gleichzeitig zu Boden sinken mussten, und als solche kennen wir keine andern, als die ächten Meerespflanzen der Algen und Tange.

Versteinerte Kohlen. Unter der Bezeichnung versteinerte Kohlen hat Dr. Carl Bischof*) eine Suite von Kohlen aus dem Saarbrücken'schen Kohlengebiete untersucht, wodurch ihre Natur vollkommen festgestellt wurde. Diese Kohlen enthalten gewöhnliche, aus Silicaten bestehende, und andere eine aus kohlensaurem Kalk und Bittererde bestehende Asche. Die Mengenverhältnisse sind sehr abweichend. Der von Säuren ausziehbare Antheil der Carbonate lag in 7 Proben, von ½ % bis 74 %, und der nicht ausziehbare Antheil von 1 bis 53 %. Der Kohlenstoffgehalt lag zwischen 21 und 98 %. Es fehlt demnach bei keiner dieser Kohlen der Gehalt an Kohlenstoff, und eine eigentliche Versteinerung im Sinne der Verdrängung hat nicht stattgefunden. Die Ablagerung der gewöhnlichen Aschenbestandtheile hat gleichzeitig mit dem Absatze der Pflanzen aus trübem Wasser stattgefunden, und die Infiltration von den Carbonaten von Kalk, Bittererde und hier und dort auch Eisenoxydul hat später nach der Hebung stattgefunden. Hier ist auch schon die Bildung der Kohleneisensteine (blackband) angedeutet, die sich im westphälischen Gebiete bei Bochum vorfinden. In diesen liegt der Gehalt an kohlensaurem Eisenoxydul zwischen 27 und 77 %, die kohlensauren Erden treten sehr zurück (3 bis 4 %) und der Kohlenstoffgehalt schwankt zwischen 11 und 35 %. Es haben also diese Blackbandlager nur ein anderes Mischungsverhältniss, sonst aber die ganz gleiche Entstehung wie die versteinerten Kohlen von Saarbrücken, und es ist zu bemerken, dass selbst durch die Gegenwart von Eisenoxyd der Kohlenstoff nicht ganz verschwunden ist, wie er dagegen in den Baumstämmen bis auf ein Minimum wirklich verschwunden ist. Diejenigen Fälle, wo Karsten in den Steinkohlenaschen von Wettin und Löbejün bis zu 25 % kohlensauren Kalk gefunden hat, erklären sich durch das dort im Hängenden befindliche Kalklager. Findet man nun noch dünne, mit weissem Kalkspath ausgekleidete Gangspalten, so ist die nachherige Infiltration dieses Gebildes ausser allem Zweifel.

Abwesenheit der Marinereste in der Steinkohle. Man hat es als einen gewichtigen Einwand gegen die Entstehung der Steinkohle im Meere angesehen, dass sich keine oder so wenige marine Reste in der Steinkohle finden. Es sind aber auch andere Geologen, welche einen Theil der Steinkohlen in Marinebecken entstehen lassen, in derselben Lage, diese Abwesenheit zu erklären. Gleichwohl haben sie noch keinen Versuch dazu gemacht.

Die Tange werden allerdings mit unzähligen festansitzenden Thierleibern, wie aus obiger Beschreibung Darwin's und Meyen's hervorgeht, verschüttet und vergraben. Es beginnt dann die Vermoderung

*) Phys. Chem. Geolog. II, 3, S. 1855.

dieser Pflanzenreste, die mit einer viele Tausende von Jahren dauernden Kohlensäureentwicklung verbunden ist. Die Thierleiber können nun, ausser den Albuminkörpern, nur aus kohlensaurem Kalke, etwas kohlensaurer Bittererde, etwas phosphorsaurem Kalke und Fluorcalcium bestehen. Bei dieser langdauernden Entwicklung von reiner concentrirter Kohlensäure, die unter dem hohen Wasserdrucke absorbirt bleibt, müssen alle in Kohlensäure löslichen Stoffe aufgelöst werden und durch Diffusion ins Meerwasser gelangen. Nur die stickstoffhaltigen Leiber der Thiere bleiben, ihres festen Gerüstes beraubt, ganz oder theilweise in den vermodernden Pflanzen zurück und bilden den Stoff zu einer künftigen Ammoniakausscheidung bei der trocknen Destillation, oder bei dem allmäligen Uebergang in Anthracit, worin man kaum mehr Spuren desselben findet. Das zunächst diese werdenden Kohlenlager umgebende Meerwasser muss einen Gehalt an kohlensaurem Kalke empfangen, welcher aber bald wieder durch die Wirkung der Schwefelsäure, die aus den lebenden und todten Thierleibern frei wird, gesättigt und in Gyps übergeführt wird. Diese Schwefelsäure ist das Aequivalent jenes kohlensauren Kalkes, der in den Schalen solcher Thiere niedergelegt ist, welche nicht in der Steinkohle enthalten sind. Es ist darum nicht undenkbar, dass an einzelnen Stellen das Meerwasser gelösten kohlensauren Kalk, an andern freie Schwefelsäure enthalte, allein bei der ungeheuren Verdünnung können diese Stoffe chemisch nicht nachgewiesen werden, und verschwinden auch von selbst wieder durch Vermischung und Sättigung, welche durch die Bewegung des Meerwassers herbeigeführt wird. Nur wenige Analysen sind vorhanden, welche einen Gehalt an kohlensaurem Kalke nachweisen, und diese stammen von Meerwasser, welches im Canal, nicht weit von der Mündung der Seine gefasst worden ist. Die vielen Analysen von Bibra's*), welche dieser mit Wsser aus allen Theilen des Meeres angestellt hat, ergeben keinen Gehalt an erdigen Carbonaten, und nur einige Mal bemerkte er beim Auflösen der Rückstände in Salzsäure eine zweifelhafte Spur von Aufbrausen. Uebrigens ist die Bestimmung der erdigen Carbonate keine ganz einfache Sache. Durch bloses Aufkochen würde ein grosser Theil im Wasser gelöst bleiben, und durch starkes Einkochen würde das sich zersetzende Chlormagnesium Salzsäure ausscheiden und die kohlensauren Erden lösen. Es bliebe dann eine grössere Menge reiner Bittererde ungelöst, und eine kleinere Menge Salzsäure würde entweichen. Man mag die Frage nach dem Gehalte des Meerwassers an erdigen Carbonaten als eine noch offene oder gelöste ansehen, die Menge derselben ist in jedem Falle höchst unbedeutend, stellenweise Null, und dann vorübergehend erscheinend und wieder verschwindend.

Die freie und in Wasser gelöste Kohlensäure wirkt auf die Schalen der Meeresthiere weit schwächer, als auf reinen kohlensauren Kalk.

*) Annal. der Chem. u. Pharm. 77,90.

Alle diese Schalen enthalten eine thierische Materie, welche durch oberflächliche Lösung des kohlensauren Kalkes blosgelegt, den Rest gegen fernern Angriff schützt. Eine frische Muschel mit verdünnter Salzsäure behandelt hinterlässt diese Gallertmasse, die je nach ihrer Menge zu kleinen Klümpchen zusammengeht, oder beinahe die Gestalt des Thieres behält. Selbst die Lösung in Salzsäure wird durch diese Substanz wesentlich erschwert. Sie enthält weniger Stickstoff und mehr Sauerstoff als die Albumingebilde, und nähert sich in ihrer Zusammensetzung der Hornsubstanz und dem Chitin.

Bedeutung der im Meere absorbirten Luft. Ueber die Zusammensetzung der im Meerwasser enthaltenen Luft besitzen wir eine ausführliche Untersuchung von B. Lewy*), welche jedoch nur den naturhistorischen Standpunkt im Auge behält, die Unterschiede bei den verschiedenen Zeiten des Tages zu beachten. Andere Schlüsse hat der Verfasser nicht daraus gezogen. Wir werden jedoch im Verlaufe finden, dass in diesen Resultaten der Schlüssel zu einer der merkwürdigsten geologischen Thatsachen liegt.

Die Analyse machte Lewy in der Art, dass er 4,45 Liter Meerwasser in einem Ballon auskochte und die entwickelte Luft über ausgekochtem Wasser auffing, welches mehrere Tage mit Luft geschüttelt worden war. Die Kohlensäure wurde mit Aetzkali absorbirt und gemessen, und im Rest wurde eudiometrisch Sauerstoff und Stickstoff bestimmt. Die Untersuchung wurde im August 1845 bei warmem Wetter vorgenommen. Auf S. 328 der angezogenen Abhandlung sind die Resultate von 9 Analysen mitgetheilt.

Bei 16° C. betrug die mittlere Menge der ausgekochten Luft 91,68 Cubiccentimeter oder 2,06 $\frac{0}{0}$ vom Volum des Wassers, und die mittlere Zusammensetzung der Luft für alle 9 Analysen war

15,90	Kohlensäure,
33,48	Sauerstoff,
50,62	Stickstoff,
100.	

Zunächst tritt die Frage an uns, kann diese Zusammensetzung durch die blose Absorption der 3 Gase aus der atmosphärischen Luft erklärt werden. Nehmen wir statt des Meerwassers, wofür keine Absorptionsversuche vorhanden sind, das reine Wasser, so sind die Absorptionscoefficienten für Wasser bei 16° C. nach Bunsen (Gasometr. Methoden, S. 298)

für Sauerstoff	0,02949,
für Stickstoff	0,01458,
für Kohlensäure	0,97530,

und nehmen wir die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft ebenfalls nach Bunsen,

*) Annalen der Chem. u. Pharm. Bd. 58, S. 326.

0,2096 Sauerstoff,
0,7900 Stickstoff,
0,0004 Kohlensäure,
1,0000

so ist der Absorptionscoefficient für die 3 Gasarten, unter der Voraussetzung einer gleichbleibenden Zusammensetzung der Atmosphäre,

$$c = 0,2096.\ 0,02949 + 0,7900.\ 0,01458 + 0,0004.\ 0,9753$$

$$= 0,00863, + 0,01608, + 0,00039, \quad 0,02510,$$

d. h. 1000 Volum Wasser verschlucken 25,10 Volum Gas, und darin sind enthalten

8,63 Vol. Sauerstoff,
16,08 „ Stickstoff,
0,39 „ Kohlensäure,
25,10,

und dies gibt die procentische Zusammensetzung

34,38 Sauerstoff,
64,10 Stickstoff,
1,55 Kohlensäure.

Vergleicht man damit die Resultate der Lewy'schen Analyse, so ersieht man mit einem Blicke, dass die wirkliche Zusammensetzung der Meerwasserluft nicht durch blose Absorption erklärt werden könne.

Sehen wir von dem kleinen Gehalt der Luft an Kohlensäure ab, so ergibt sich aus den Absorptionscoefficienten für Sauerstoff und Stickstoff, dass die aus Wasser ausgekochte Luft die Zusammensetzung

34,91 Vol. Sauerstoff,
65,09 „ Stickstoff

haben müsse*), und berechnen wir in der Lewy'schen Analyse diese beiden Gasarten allein, welche 84,14 % der ganzen Luft ausmachen, worin 33,48 Sauerstoff und 50,66 Stickstoff enthalten sind, so ergibt sich das Verhältniss dieser beiden Luftarten im Meerwasser

zu 39,81 % Sauerstoff
und 60,19 % Stickstoff.

Da aber der Stickstoff im Meerwasser der gleichbleibende Bestandtheil ist, der durch keinen bekannten Vorgang verändert wird, so müssen wir nothwendig, um eine Aenderung im Sauerstoff zu bemerken, dieses Gas auf Stickstoff beziehen. Kommen nun im Meerwasser auf 60,19 Stickstoff 39,81 Sauerstoff, so würden auf die 65,00 % Stickstoff, welche die Absorption fordert,

*) Vgl. Bunsen, Gasometr. Methoden, S. 166 u. 167. Durch Analyse waren 34,91 Sauerstoff und 65,09 Stickstoff gefunden worden.

$$\frac{39,71 . \, 65,09}{60,19} = 43 \text{ Sauerstoff}$$

kommen, während das Absorptionsverhältniss nur 34,91 auf dieselbe Menge Stickstoff ergibt. Es sind also auf 60,19 Vol. Stickstoff 9 Vol. Sauersoff mehr vorhanden, als das blose Absorptionsverhältniss gestattet.

Die Ursache dieses Ueberschusses an Sauerstoff finden wir im Leben der Pflanzen.

Die Pflanzen vermindern durch ihr Wachsthum im Meere den Gehalt an Kohlensäure in demselben Maasse, als sie den Gehalt an Sauerstoff vermehren. Für jedes Volum aufgenommene Kohlensäure tritt 1 Volum Sauerstoff aus, unter der Voraussetzung, dass sich sogenannte Kohlenhydrate (CHO) bilden. Durch das Athmen der Thiere dagegen würde sich das Verhältniss des Sauerstoffs zum Stickstoff vermindern. Wenn nun auch dies Deficit an Sauerstoff durch die Absorption aus Luft bis zu 35 % vom Volum des Sauerstoffs und Stickstoffs zusammen wieder ergänzt werden könnte, so könnte doch der Ueberschuss von 9 Vol. Sauerstoff auf 60,19 Vol. Stickstoff nicht auf diesem Wege ergänzt werden. Wollten wir nun die Respiration der Thiere im Meere auf Kosten dieser 9 Volum Sauerstoff vor sich gehen lassen, so würden daraus nur 9 Vol. Kohlensäure entstehen. Nun sind aber in den Meerwassergasen 15,9 Vol. Kohlensäure auf 50,86 Stickstoff (als Vergleichungspunkt) vorhanden, es kommen also auf 60,19 Stickstoff 18,81 Vol. Kohlensäure, d. h. 9,81 Vol. Kohlensäure mehr, als der Ueberschuss des Sauerstoffs über das Absorptionsverhältniss gestattet.

Es muss deshalb im Meere noch eine Quelle von sich immer erneuern der Kohlensäure vorhanden sein, und diese ist

die Steinkohlenbildung.

Jeder, der einmal auf einem Dampfschiffe über das Meer gefahren ist, wird die Beobachtung gemacht haben, dass im Meere die Schaufeln der Räder ein eigenthümliches Geräusch hinter sich erregen, was die grösste Aehnlichkeit mit einem leichten Aufbrausen der Kohlensäure hat. Man hört, wenn man seine Aufmerksamkeit auf die Wellen richtet, ein leises Zischen und Prickeln, wie über gesättigtem Sodawasser. Es ist dies die sich losreissende Kohlensäure, von welcher auch die Wellen viel weisser erscheinen, als im Flusswasser. Läuft man wieder aus dem Meere in die Themse oder Schelde ein, so hört dies Geräusch auf. Obgleich das Meerwasser nicht mit Kohlensäure gesättigt ist, so muss sich dennoch Kohlensäure davon losreissen, wenn der reichliche Zutritt der kohlensäurearmen Luft stattfindet, so wie man auch Kohlensäure durch einen Strom Wasserstoffgas ganz austreiben kann. Wahrscheinlich reisst sich auch etwas Sauerstoff los, dagegen Stickstoff nicht, weil dieser im Absorptionsverhältniss vorhanden ist.

Wir haben also im Meerwasser

2 Quellen des freien Sauerstoffs:

1) die Absorption aus der Luft,
2) das Wachsen der Pflanzen;

3 Quellen der freien Kohlensäure:

1) die Absorption aus der Luft,
2) das Athmen der Thiere,
3) die Vermoderung von Pflanzen (resp. Thieren);

und auf der andern Seite haben wir

2 Ursachen der Abnahme des Sauerstoffs:

1) das Athmen der Thiere,
2) den Wellenschlag;

2 Ursachen der Abnahme der Kohlensäure:

1) das Wachsen der Pflanzen,
2) Wind und Wellenschlag.

Indem alle diese ununterbrochen thätigen Wirkungen und Gegenwirkungen sich bereits seit undenklichen Zeiten ins Gleichgewicht gesetzt haben, ist jene Zusammensetzung der Luft des Meerwassers entstanden, welche die Analyse nachgewiesen hat.

Die ausgesprochene Ansicht von der Entstehung der Kohlensäure auf dem Boden des Meeres wird bestätigt durch den zunehmenden Gehalt der Kohlensäure mit der Tiefe. Die Expedition der Bonite war mit einem von Biot construirten Apparate versehen, mittelst dessen man Wasser in grossen Tiefen hermetisch verschlossen fassen konnte. Der Apparat ist im Annuaire für 1836 beschrieben, und kurz in Poggendorff's Annalen, Bd. 37, S. 461. Die Resultate der Untersuchung sind in denselben Annalen Bd. 45, S. 563 mitgetheilt. Die Summe der Gase des Meerwassers stimmt sehr gut mit der von Lewy gefundenen. Vier Beobachtungen mit an der Oberfläche gefasstem Wasser geben als Mittel 1,95 % vom Volum des Wassers, Lewy hatte 2,06 % gefunden. Fünf Beobachtungen von der Tiefe bis zu 450 Faden ergaben als Mittel 2,49 % Gase. Der Gehalt an Kohlensäure in dieser Luft betrug für die an der Oberfläche gefassten Proben 12,75 %, und für die in der Tiefe des Meeres gefassten Proben 34 %. Dass diese Zunahme nicht blos von der Verdichtung nach dem Condensationsgesetz herrühre, erkennt man daran, dass die Summen der Gase in der Tiefe nur 0,54 oder 27 % mehr betragen, als an der Oberfläche, dagegen das Verhältniss der Kohlensäure um 266 % gestiegen ist. Es muss also die Quelle der Kohlensäure am Boden des Meeres liegen.

So wie nun einerseits der grosse Gehalt des Meerwassers an Kohlensäure auf eine ganz besondere Quelle der Kohlensäurebildung schliessen lässt, und diese sich nur in der Steinkohlenbildung finden lässt, da die ewig wachsenden und absterbenden Pflanzenwelten des Meeres eine Erklärung verlangen, und durch die Verkettung dieser zwei Erscheinungen zu gleicher Zeit die Kohlensäure des Meerwassers und die Steinkohle eine Erklärung finden, so haben wir noch eine Menge anderer Thatsachen gefunden, welche diesen Schluss bestätigen.

Zerklüftungen in der Steinkohle. Eine intressante und auch in technischer Hinsicht nicht unwichtige Erscheinung ist die Zerklüftung der Steinkohle. Die meisten Kohlenflötze werden nämlich von ebenflächigen, glatten, bisweilen spiegelnden Klüften durchschnitten, welche fast rechtwinklig auf der Flötzebene stehen, gewöhnlich ganz geschlossen sind, und daher erst beim Zerschlagen der Kohle sichtbar werden, wenn sie nicht mit fremdartigen Substanzen (Eisenkies, Bleiglanz, Kalkspath u. ähnl.) erfüllt sind. Ein merkwürdiger Umstand, der von Karsten hervorgehoben wurde, verdient erwähnt zu werden, dass diese Klüfte die zwischen den Flötzbänken vorkommenden Lagen von Faserkohle nicht durchschneiden, sondern an ihnen absetzen. Die Ebenheit und oft spiegelglatte Beschaffenheit dieser Hohlräume oder Klüfte und die Regelmässigkeit ihres Verlaufes sind, wie Naumann glaubt (Geognosie II, 480) schwer zu erklären.

Es scheint mir, dass dieselben sich in der Art leicht erklären lassen, wenn man annimmt, dass es durch Vermoderung ausgeschiedene Gase (Kohlensäure, Kohlenwasserstoff) waren, welche in der bereits zäh gewordenen Tangmasse sich sammelten, aber nicht mehr zum Entweichen kamen. In den meisten Fällen sind diese Gasblasen ausgetreten und im Meere aufgestiegen oder verschluckt worden. Dafür spricht, dass sie nur bis an die Faserkohle vordrangen, dieselbe aber nicht durchsetzten. Die Gasentwicklung hat Aehnlichkeit mit dem Entstehen der Blasen im Sauerteige. Aus den glatten Wänden dieser Klüfte erkennt man, wie die Tangmasse eine fast flüssige, steifzähe Consistenz gehabt haben müsse. Die zufällige Ausfüllung dieser Klüfte kann nur nach der Hebung und Bedeckung der Kohlenflötze stattgefunden haben. Die Faserkohle stammt offenbar von Einmengung einzelner, mehr Holzfaser enthaltenden Pflanzen des Meeres selbst oder des Festlandes. Diese boten den Luftblasen schon Hinderniss genug dar, sich nicht weiter bewegen zu können. Bei dem gleichartigen Druck in einer Flüssigkeit konnten die Luftblasen keine andere Wirkung, als durch ihre Steigkraft ausüben.

Steinkohle auf Spitzbergen. Eine der folgenreichsten Entdeckungen in Betreff der Geologie der Steinkohle, ist die in neuerer Zeit wieder aufgefundene Ablagerung von Steinkohlen auf Spitzbergen. Schon Scoresby theilte mit, dass an der Kings Bai Marmor von wirklicher Schönheit und dicht dabei sich Steinkohlen „of tolerable quality" befänden. Keilhau erwähnt ebenfalls, dass Steinkohlen an der Kreuzbai angetroffen worden seien. Im Jahre 1861 hat C. W. Bloomstrand an der schwedischen Expedition nach Spitzbergen theilgenommen, und einen Bericht erstattet, der in den Verhandlungen der Königl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften im Jahre 1864, Bd. 4, Nr. 6 erschienen ist. Ein Auszug daraus befindet sich in Petermann's Mittheilungen 1865, V. S. 191.

Im Besitz obiger Nachrichten suchte Bloomstrand lange vergeblich

nach Steinkohlen, als er an einer von einem Gletscherstrom entblösten Stelle das Steinkohlenflötz deutlich zu Tage liegen sah. Das Vorkommen war an der Kings-Bay, welche am nördlichen Ende des Foreland-Sundes zugleich mit der Kreuz-Bai durch eine breite Mündung mit dem Meere in Verbindung steht, und in welcher Bloomstrand sich vom 9. bis 19. August (1861) aufhielt. Offenbar ist das Kohlenlager durch Gletscher entblöst worden, da es überall unter denselben und an den Strombetten der Gletscherflüsse auftritt. Mittels der Leitung des Streichens und der sparsam zerstreuten Kohlenstücke gelang es, dasselbe noch an 4 Stellen, die ungefähr eine Erstreckung von 7000 Fuss haben, anstehend zu finden. Er zweifelt nicht, dass das Flötz sich noch viel weiter verbreite. An der zuerst entdeckten Stelle war der Einschnitt in das Gebirge so tief, dass man die begleitenden Felsarten erkennen konnte, und zwar waren diese, sowohl über als unter der Kohle: Sandstein von dunklerer bräunlicher Farbe, durchzogen von feinen Glimmerschuppen mit ziemlich häufig vorkommenden Pflanzenabdrücken, ärmer an Petrefacten. Der Sandstein geht in ein grobkörniges Conglomerat über, mit Stücken von einer schwarzen Steinart (Schieferthon), und die darauf folgenden Kohlenlager sind durch einen schwarzen, kohlenreichen Schiefer getrennt. Oberhalb desselben lagert eine eigenthümlich grüne Bergart, eine Art Sandstein, ohne Schichtung und organische Ueberreste, die der Ref. mit einer plutonischen Bergart vergleicht. Wahrscheinlich war es eine Metamorphose des Sandsteines durch chloritische Infiltrationen. Die im Sandstein vorkommenden Pflanzenüberreste bestehen fast ausschliesslich aus langen Blättern und Stengeln. In der Nervenverästelung will B. einen Laubholzbaum erkannt haben. Die Mächtigkeit der Flötze war schwer zu bestimmen, da sie oft durch 6 Fuss mächtige Schutt- und Steinlager bedeckt waren, und Werkzeuge so wie Mannschaften nicht genügend vorhanden waren. An einer Stelle legte er das Flötz auf einer ununterbrochenen Strecke von 8 Fuss Breite zu Tage. Mit einem Pickhammer liess er Stücke von einem Kubikfuss ausbrechen. Ob darunter noch mächtigere Flötze lagen, liess sich unmöglich durch Versuche erforschen, da das Schuttlager zum Durchgraben allzutief war. An einer andern Stelle tritt das Flötz an drei Stellen unter dem Schuttlager an der Seite eines Gletscherflusses hervor und die zusammengelegten Strecken betrugen 30 Fuss. Die Kohlen waren hier sehr schön glänzend schwarz, mit muschelförmigem splittrigem Bruche, und zeigten hier und da deutliche holzartige Textur. Die Kohle brennt ausserordentlich leicht, mit starker leuchtender Flamme und beinahe gänzlich zu Asche. Obgleich nach Scoresby's Angabe die Holländer schon an der Kings-Bai Kohlen geholt haben sollen, so fand die schwedische Expedition doch an keiner der 5 Stellen Spuren einer menschlichen Hand. Auch schienen die Oertlichkeiten nicht sehr günstig zu sein. Es konnten auch jetzt an einer kleinen Strecke

mehrere Säcke Kohlen gesammelt werden, und es mögen diese auch früher reichlicher hier gelegen haben.

Das Flötz ist anstehend oder nahe zu Tage in einer Strecke von wenigstens $\frac{1}{4}$ schwedischer Meile (zu 10673 Meter, während die geographische Meile nur 7407 Meter misst). Von der technischen Verwendbarkeit der Spitzberger Steinkohlen hat der Reisende wenig Hoffnung, wegen der Unzugänglichkeit der Insel und der kurzen Zeit des Sommers. Doch glaubt er, dass Wallfisch- und Wallrossfänger, die künftig kaum anders als mit Dampf ausfahren könnten, sich dort Ersatz an Steinkohlen holen könnten. Die Entfernung vom Meer beträgt nur 10 Minuten, und der Transport an dasselbe ist sehr leicht über ein gleichmässig geneigtes Tiefland. Dagegen hat diese bestätigte Entdeckung für die Geologie die allergrösste Bedeutung. Zunächst muss die Thatsache als unbezweifelt feststehend angesehen werden, sowohl wegen der Uebereinstimmung mit Scoresby und Keilhau, als auch durch den amtlichen Charakter der ganzen Expedition, die Anzahl der Männer, welche dabei waren und die Mittheilung der Resultate in den Acten der schwedischen Akademie.

Aus der im Ganzen spärlichen Beschreibung ergaben sich etwa folgende geologische Thatsachen. Die Verschüttung mit Sand und Schieferthon beweist, dass früher einmal Land hier gewesen ist, welches Sand und Flussschlamm ins Meer schicken konnte. Vorher aber war tiefes Meer da, worin sich die in südlichern Gegenden gewachsenen und durch einen Golfstrom nach Norden getriebenen Seepflanzen absetzen konnten. Noch jetzt wuchert an den Küsten Spitzbergens eine so üppige Fucusvegetation, dass sich die Boote oft kaum hindurcharbeiten können (Bullet. de la société géologique t. 13, p. 24; Naumann Geognosie 2, 553). Es liegt uns also hier der Beweis vor, dass Tange mittels des Golfstroms in einer Breite wachsen können und wirklich wachsen, wo kein Grashalm auf dem Festlande zur Entwicklung kommt, und dennoch stellt man künstliche Hypothesen auf, um das Unmögliche zu beweisen.

Diese Insel reicht über den 80. Grad nördlicher Breite. Ueber ihre Temperaturverhältnisse werden wir wohl niemals Auskunft erhalten, denn nur in wenigen Wochen des Sommers, und nicht einmal in jedem, ist dieselbe an einzelnen Stellen zugänglich. Eine Ueberwinterung darauf ist absolut unmöglich. Der einzige Versuch einer Ueberwinterung auf dem nahe 10 Grad südlicher gelegenem Eilande Jan Meyen hat mit dem Tode aller Betheiligten geendigt. Die mittlere Temperatur des Winters dürfte leicht — 25° C. betragen, und die des Januars vielleicht — 30 bis 40° C. Hier ist an eine Vegetation nicht zu denken. Mitten im Sommer ist der Boden fest gefroren. Lord Dufferin fand einen Sarg mit der Leiche eines dort beigesetzten Wallfischfahrers mit der Inschrift vom 2. Juni 1758 auf freier Erde stehen, weil der Boden nicht aufgegraben werden konnte.

Die Wallfischfahrer setzen die Särge mit den Leichen einfach auf die Erde, weil der frosterhärtete Boden, in den selbst die Sommersonne nur einige Zoll eindringt, kein anderes Grab gestattet. In der Magdalenen-Bai liegen jetzt noch die Leichen von Menschen, die vor 250 Jahren gestorben sind. Sie sind so wohl erhalten, dass man nur durch heisses Wasser die Eisrinde hinwegzunehmen braucht, um die unveränderten Züge der Todten wahrzunehmen (Dufferin).

Die Gletscher sind die Hauptzüge der Landschaft von Spitzbergen; die Sohle jedes Thales auf der Insel ist von Gletschern bedeckt und in der Regel völlig davon erfüllt. Scoresby beschreibt solche von 40 bis 50 englischen Meilen Länge und 9 bis 10 Meilen Breite, während die Abhänge, über welche sie sich in das Meer stürzen, eine Höhe von 400 bis 500 Fuss erreichen. Nichts ist gefährlicher, als sich diesen Klippen zu nähern. Zuweilen lösen sich grosse Stücke von den Vorderseiten ihrer krystallnen Wände ab und stürzen jählings ins Meer, und wehe dem unglücklichen Schiffe, das in solchem Augenblicke unten vorbeifährt. Scoresby sah eine solche Eismasse von der Grösse einer Kathedrale aus einer Höhe von 400 Fuss ins Meer donnern. Auch Dufferin hatte häufig Gelegenheit, solche Eisstürze zu beobachten, und selten verging eine Stunde, ohne dass die feierliche Stille der Bucht durch das Donnergepolter ähnlicher Ereignisse in den benachbarten Thälern unterbrochen wurde.

Unter solchen Umständen kann von Wachsen von Steinkohlenpflanzen in situ, nach der Ansicht des Hrn. Prof. Goeppert, nicht die Rede sein. Dagegen zeigt noch heute die Beobachtung, dass Holzstämme nach Spitzbergen und Jan Meyen getrieben werden (S. 114). Allein das Holz kann in diesen starren Klimaten nicht vermodern, sondern die Stämme zeigen sich auf frischem Hiebe fast noch wie frisch. Bloomstrand fand die Holzablagerung im Ganzen gering und schreibt sie der Wirkung langer Zeiten zu, trotz der vortrefflichen Erhaltung des Holzes; sowie denn er und andere Reisende treibendes Holz selbst nicht beobachtet haben, sondern nur das bereits angetriebene. Es muss also in früherer Zeit bei einer andern Gestaltung von Land und Meer in der Nähe ein Meeresufer gewesen sein, welches reichlich Tange erzeugte, wie die Umgebungen des Cap Horn, und es muss ein Meeresstrom diese abgerissenen Tange über jene Stelle geführt haben, wo jetzt Spitzbergen liegt, und wo sie versanken. Diese Pflanzen wachsen auf der südlichen Halbkugel noch über den 60. Grad, der in Wärmevertheilung etwa mit dem 70. Grad nördlicher Breite übereinstimmt. Es konnten dann diese Pflanzen nach einer Wegführung von 10 Graden versinken, um an der Stelle als Steinkohlen wieder zu erscheinen, wo sie jetzt liegen, und da jetzt noch Tange um Spitzbergen reichlich vorkommen, so ist der Stoff noch näher gelegt. Da die Spitzberger Steinkohlen glänzend und mit splittrigem Bruche erscheinen und nur hier und da holzartige Textur zeigen, so ist an eine Entstehung aus den

dichten Laubholzstämmen, die sich zeigen sollen, nicht zu denken, wie denn auch alle andern Thatsachen die eingemengten Holzstämme als zufällig erscheinen lassen. Die Torftheorie von Unger ist mit dieser Entdeckung ganz beseitigt; die Entstehung in loco von Goeppert ebenfalls, und so bliebe denn nur die Braunkohlentheorie, die schwächste von allen, übrig. Eine gleichzeitige Bildung aus Torf und Braunkohlen, wie manche annehmen, ist ebenfalls für Spitzbergen absolut unhaltbar, da hier niemals Pflanzen wachsen konnten. Ich hatte meine Ansicht über die Entstehung der Steinkohlen aus Meerespflanzen bereits vor 2 Jahren aus andern Gründen festgestellt und veröffentlicht, als ich die Thatsache von der Existenz der Spitzberger Steinkohlen (am 5. Nov. 1865) zuerst erfuhr. Sie bestätigte die Richtigkeit meiner Annahmen auf das glänzendste, indem hier nur eine Ablagerung von in der Ferne gewachsenen Pflanzen möglich war. Die Untersuchung der Steinkohlenablagerung von Bloomstrand, oder vielleicht auch nur der Auszug in den Mittheilungen, ist im höchsten Grad mangelhaft, weil der Beobachter selbst keine Ansicht von der Entstehung der Steinkohle hatte, da er sich in seinem Berichte keine einzige Bemerkung gestattet, die doch so sehr durch dies ausnahmsweise Vorkommen an die Hand gegeben war. Es ist fast unbegreiflich, wie man das Vorkommen von Blättern und Pflanzen unter dem 80. Grad der Breite beschreiben konnte, ohne sich zu einer Bemerkung dieserhalb veranlasst zu finden. Kein Versuch gibt uns Kenntniss von dem Stickstoffgehalt dieser Kohle, und wenn, wie gar nicht zu zweifeln ist, auch diese ächte Steinkohle ein ammoniakalisches Destillat gibt, so ist damit die ganze Streitfrage vollkommen entschieden. Für meine Ansicht ist der neue Fund eine ungeheure Unterstützung, ja man kann sagen der Schlussstein; von der Gegenseite kann ich erwarten, dass man die Erdachse verlegen werde, um Spitzbergen in ein wärmeres Klima zu bringen, dass man die angenommenen Laubholzstämme als genügend zur Festhaltung der Braunkohlentheorie ansehen werde, dass man von dem Stickstoffgehalte sagen werde, der geht uns nichts an, wie das wirklich gesagt wurde. Merkwürdig ist bei dem ganzen Vorkommen, dass die Verhältnisse der Ablagerung ganz dieselben sind, wie in südlicheren Gegenden.

Es findet sich der Kohlenkalk, den schon Scoresby für einen schönen Marmor erklärte und den auch Bloomstrand wiederfand und beschrieb; ferner der Sandstein, das Erzeugniss eines grösseren Landes, die Lettenschichten mit Blattabdrücken und die Kohle selbst in horizontalen Flötzen abgelagert. Die Berührung von Kalk- und Sandstein konnte nicht mit absoluter Bestimmtheit erkannt werden. Dass der Sandstein über dem in den Küstenfelsen anstehenden Kalk liegt, ist nach Bloomstrand keinem Zweifel unterworfen. Demnach sind alle Verhältnisse ganz dieselben wie bei jeder Steinkohlenablagerung unter milderen Breiten, und die Geologen der zwiefachen Steinkohlenbildung

dürften wohl die von Spitzbergen für ein Marinebecken erklären. Aber wie kommen wir an die Pflanzen?

Als Parallelerscheinung mag noch bemerkt werden, dass Keilhau auf der Bäreninsel, unter 74° 30′ N. B., Kohlenflötze fand mit den gewöhnlichen Kohlenpflanzen der Calamiten, Sigillarien und Lepidodendren und Farrn, und dass dieselben Pflanzen auch auf der Melvilleinsel, unter 75° N. B., und in Australien gefunden worden sind. Es müssen also diese Bäume auf einem mittleren Landgürtel der Erde sehr allgemein verbreitet gewesen sein, von wo sie weggespült in alle Theile des Weltmeeres gerathen sind. Nur allein können sie nicht auf Spitzbergen, der Bäreninsel und der Melvilleinsel gewachsen sein.

Vorweltliches Klima. Um das Vorkommen von Palmen in den Steinkohlen Deutschlands und von Steinkohlen auf Spitzbergen, der Melvilleinsel und dem Feuerlande zu erklären, behaupten die Anhänger der entgegenstehenden Ansichten, dass die Erde in früheren Zeiten eine höhere Temperatur gehabt habe, und zwar in Folge ihrer eigenen Wärme vermöge des feuerflüssigen Zustandes, ja dass eine fast ganz gleiche Temperatur über die ganze Erde geherrscht habe. Niemals ist eine Ansicht mit weniger Grund aufgestellt worden. Zunächst vergisst man, wenn man heute noch diese Behauptung aufrecht halten will, dass die Erde niemals geschmolzen gewesen ist, dass die Silicate der Erde, mit alleiniger Ausnahme der Laven, die allersichersten Zeichen ihrer nassen Entstehung und ihrer Unberührtheit vom Feuer an sich tragen, wie das an seiner Stelle bewiesen werden wird. Aber auch zugegeben jener gluthflüssige Zustand, der bei einer gewissen Erkaltung das Wachsen der Pflanzen gestattete, ohne ihre Wurzeln zu verbrennen, so ist doch die Erwärmung der Erde im Uebrigen ganz auf die Sonne angewiesen. Nimmt man die Neigung der Erdachse auf die Erdbahn so an, wie sie heute ist, wofür alle astronomischen Rücksichten sprechen, so war die Vertheilung der Jahreszeiten, die Länge von Tag und Nacht ganz so wie heute. Nun denke man sich die 5monatliche Polarnacht von Spitzbergen mit ihrem Wärmeverlust in den Weltraum, der durch die Sonne nicht ersetzt werden kann, und einer Temperatur, die grösstentheils um 30 bis 40 Grad C. unter Null liegt, ob man da die Oberfläche der Erde und die sie bedeckende Luftschicht so warm werde annehmen können, um hochstämmige Bäume darin wachsen zu lassen.

Unbestritten sind alle Gesteine der Erde schlechte Wärmeleiter, und es lässt sich leicht denken, dass auf einer geschmolzen gewesenen und nur wenige Meter erstarrten Lava äusserlich Schnee liegen und innen eine noch feurige Gluht sein könne. Der Hochofen ist 3 bis 4 Jahre ununterbrochen innerlich weissglühend, und aussen kann man die Hand und die Backe daran legen. Der Glasbläser fasst das geschmolzne Glas einen Zoll weit von der heissen Stelle an und kann es stundenlang so handhaben, ohne sich zu verbrennen. Die Laven des Aetna bedecken sich nach kurzer Zeit mit Schnee. Die Vulkane von Island, welche

noch binnen eines Jahrhunderts ungeheure Mengen Laven ergossen haben, sind schon sehr lange mit Eis und Schnee bedeckt. Es ist also ganz undenkbar, dass bei einer äussern Temperatur von — 30 bis 40° C. die oberste Schichte der Erde nicht sehr bald selbst diese Temperatur annehmen müsse, womit dann jede Erwärmung der Luft ihr Ende erreicht hat. Wir wissen, dass die warme Luft einen aufsteigenden Strom bildet, und oben wieder ihre Wärme an das Weltall abgibt. Es ist dieser vom Boden auf immer aufsteigende und die Wärme abführende Luftstrom schon allein hinreichend, die baldige Erkaltung des Bodens zu erklären. Nun liegt aber Spitzbergen selbst jetzt noch in Bezug auf Wärmevertheilung so günstig, wie kein anderer Ort der Erde, und verdankt diesem Umstande den Vorzug, unter dem 80. Breitegrad noch Schiffen zugänglich zu sein. Der Golfstrom geht an beiden Seiten von Spitzbergen entlang und hält das Meer im Sommer einige Wochen offen. Wenn nun aber jetzt schon unter so günstigen Umständen kaum ein Moos auf dieser Insel wächst, wie könnte dies jemals unter ungünstigern Verhältnissen stattgefunden haben? Die ganze Erklärung mit der Erdwärme ist eine Täuschung, und beweist, wie weit man durch die Nothwendigkeit getrieben wird, wenn man einen Irrthum durch immer neue Hypothesen unterstützen will. Boué hat sogar die Nordlichter in Anspruch genommen, die dann natürlich zu „jener" Zeit viel häufiger waren als jetzt, um das nöthige Licht für die Pflanzenwelt zu liefern, und trotzdem dass die Nordlichter nur bei heiterm Himmel, und deshalb bei der strengsten Kälte, sichtbar sein können. Vielleicht waren sie auch zu „jener Zeit" stark erwärmend.

Um das Wachsen der Baumstämme auf Spitzbergen zu erklären, verstehen sich die Geologen zu einer Verlegung des Aequators der Erde, zu fabelhafter Wärme durch inneres Erdfeuer, während sie die nothwendige Erscheinung, das Versinken der Meerespflanzen, die noch heute in ungeheurer Fülle bei Spitzbergen wachsen, nicht begreifen wollen.

Fauna und Flora der Steinkohlenzeit. Was Naumann in der Ueberschrift zu §. 360 (II, 550) „Grosse Armuth der carbonischen Flora" nennt, lässt sich sehr leicht begreifen. Die eigentlichen Meerespflanzen waren für jede Ablagerung wohl dieselbe Species oder sehr nahe verwandte, wie auch jetzt noch an den Falklandsinseln vorzugsweise Macrocystis, Lessonia, D'Urvillea wachsen. Von diesen weichen Pflanzen verschwand wegen ihrer Verjauchung jede Spur von Form. Von Landpflanzen kamen auch nur wenige hinzu, nämlich die in Sümpfen und Niederungen wachsenden Calamiten, Sigillarien etc., die sämmtlich keine Pfahlwurzel besitzen. Man kann aber nicht sagen, dass die damaligen Pflanzen überhaupt keine Pfahlwurzeln besessen hätten, sondern nur diejenigen, welche keine besassen, konnten leicht entwurzelt, umgeworfen und vom Hochwasser fortgeführt werden. Bäume, ähnlich unsern Waldbäumen, finden sich nirgendwo in der Steinkohle, haben aber doch vielleicht schon existirt. Es ist eher wunderbar, dass 700 bis 800 Species

in den die Steinkohle bedeckenden Gesteinen und ihr selbst gefunden worden sind. Das würde freilich eine grosse Armuth gegen den Prodromus von Decandolle vorstellen, allein die Pflanzen dieses Prodromus kommen ja auch heute nicht in die Steinkohle und gehören auch nicht hinein.

In einem neueren Werke: „Die Urwelt der Schweiz" 1865, von Oswald Heer, Professor der Botanik in Zürich, sind mit grosser Sorgfalt alle Reste lebender Wesen in den Gebirgen der Schweiz gesammelt, beschrieben und classificirt. Allein zu seinen Schlüssen kann man sich nicht bekennen, da er den Vorkommnissen eine ganz ungerechtfertigte Deutung unterlegt. Aus den in der Steinkohle zufällig vorkommenden Pflanzenresten kann man nicht auf die Landflora jener Zeit schliessen. Dass die Steinkohlen nicht aus Gefässpflanzen entstanden sein können, ist eine oben (S. 85) zuerst entwickelte Ansicht, und es soll die Abweichung der Ansicht des Hrn. Heer von der eben genannten nicht hervorgehoben werden. Der wesentlichste Fehler in der Geologie der Steinkohle lag darin, dass man die Pflanzen in situ wachsen und verschütten liess. Betrachtet man in Heer's Werk das erste Bild „die Steinkohlenflora der Schweiz" mit Hügel, Wald, Bach und Busch, so wird klar, dass auf diesem Terrain und aus diesen Pflanzen niemals Steinkohlen entstanden sein können und dass die ganze Anschauung auf einem Irrthum beruht. Man suche unter den Tropen die üppigsten Vegetationen, dort, wo die Victoria regia in Sümpfen wächst, wo der Urwald noch steht und die Schlingpflanzen schenkeldicke Stämme von einem Baum zum andern ranken, man wird niemals eine Spur eines Anfanges von Steinkohlenbildung entdecken; so weder in Guiana, noch auf Ceylon, Borneo, Java. Zur Vermoderung gehört Bedeckung mit Wasser, und diese schliesst das Wachsthum der Gefässpflanzen aus. Die Pflanzen, welche schwimmen, also getragen werden, bedürfen keiner Holzfaser und haben sie auch nicht. Wie sollte etwa heute ein Apfelbaum, ein Kirschbaum, eine Rosskastanie in die Steinkohlen gerathen, wenn sie nicht an Ufern von Flüssen wachsen, welche, geschwollen, die Wurzeln der Bäume entblösen, und diese, häuptlings in den Fluss gestürzt, zum Meere tragen. Die in der Steinkohle in sehr zerstörtem Zustande vorkommenden und nur durch die Phantasie der Botaniker ergänzten Reste von Landpflanzen konnten nur solche sein, welche in Niederungen wuchsen, wo sie dem Abtrieb durch die Flüsse ausgesetzt waren. Nun vergleiche man mit dieser einfachen Wahrheit das Bild, welches Heer (S. 16) von der Steinkohlenflora entwirft: „Es muss diese Vegetation zwar üppig, aber sehr einförmig gewesen sein; sie war ja nur aus wenigen Pflanzenformen zusammengesetzt und es fehlt ihr der Schmuck der Blüthen, die jetzt, den wunderbarsten Reichthum von Formen entfaltend, einen Teppich voll herrlichster Farben ausbreiten. Es liegt eine unendliche Schwermuth auf diesem Bilde der Kohlenzeit, denn es fehlten nicht allein fast alle Blüthenpflanzen, sondern auch alle höheren

Thiere; noch wiegten sich keine Vögel auf den Zweigen der Bäume und keine Säugethiere belebten das Dickicht des Waldes. Dazu kommt die schwüle, mit Dünsten erfüllte Luft, der heisse dampfende Boden, die lautlose Stille, die noch durch keine Töne belebter Wesen, nur durch das Plätschern des Regens und das Heulen des Windes in den Wipfeln der dunkeln steifblättrigen Bäume unterbrochen wird! Es war damals die Erde wahrscheinlich noch von einer dichten Wolkenhülle umgeben, da bei der hohen Temperatur des Erdbodens viel mehr Wasser in der Luft gewesen sein muss als gegenwärtig" etc.

Man muss staunen über die Seltsamkeit der Schlüsse: Weil in der Steinkohle keine Thiere vorkommen, so haben damals noch keine gelebt; weil die vorkommenden Pflanzen Sumpfpflanzen sind, so hat es noch keine andern gegeben. Wir dürften uns die Frage vorlegen, wie denn heut zu Tage ein Pferd, oder eine Ziege in die Steinkohlenbildung des Sargassomeeres oder der Falklandsinseln hineingerathen könnte; oder wie sich ein Kameel in die Korallenbildung des Mittelmeeres oder eine Kuh in die Austernbänke der englischen Küste verlieren sollte; oder durch welchen Vorgang sich das Blumenblatt einer Magnolia, eines Tulpenbaumes, einer Paeonia erhalten könnte. Und aus deren Abwesenheit zu schliessen, dass sie noch nicht existirt hätten, ist für heute falsch, und für die Vorzeit nicht zulässig. Diese phantastischen Stimmungen entspringen aus dem Mangel einer naturgemässen, nach jetzigen Verhältnissen begreiflichen Anschauung, und sie haben die grösste Aehnlichkeit mit der Neigung der Kinder, die sich am liebsten mit den schauervollsten Mährchen berauschen.

Auf dem Bilde in Heer's Werk, welches die Unterschrift trägt: „Die Koralleninseln des Jura," ist der Phantasie freier Lauf gelassen. Man glaubt sich an den Niger oder auf Borneo versetzt, und, wie es in der geologischen Schauerballade heisst:

„Es rauscht in den Schachtelhalmen,
„Verdächtig leuchtet das Meer,
„Da schwimmt mit Thränen im Auge
„Ein Ichthyosaurus daher."

Denn wirklich erscheint auf dem Bilde der über die Wasserfläche gereckte lange Hals eines Plesiosauros, wie der Hydros im Froschmäusekrieg (Batrach. v. 82, 83).

Frühere Erwähnungen der Tange. Es ist mir der Einwurf gemacht worden, dass meine Ansicht bereits von Parrot aufgestellt gewesen wäre, und dass ich nur Pathenstelle dazu übernommen habe. Die erste Thatsache war mir unbekannt, und nachdem ich die betreffenden Stellen untersucht habe, finde ich mich über den Vorwurf des zweiten Punktes ganz beruhigt. In seinem Grundriss der Physik der Erde 1815, 3. Bd. S. 124 erklärt Parrot die Steinkohlen „durch den Untergang zahlreicher Generationen, vorzüglich von Meerespflanzen

entstanden." Auf S. 671 sagt er wörtlich: „Die Steinkohlen und ihre verwandten Arten, sind da entstanden, wo wir sie jetzt antreffen. Es sind keine mechanische Anhäufungen von losgerissenen Pflanzen."

Und ich behaupte, es sind solche. Mit dieser Bedingung ist die Parrot'sche Theorie unmöglich, denn Meerespflanzen wachsen nur auf felsigem festem Boden, und können nicht auf den abgelebten Leibern ihrer Vorgänger wachsen. Ich würde lieber die ganze Theorie der Steinkohlenbildung aufgeben, als dass ich mir diese Bedingung gefallen liesse, die alles Vernünftige darin mit einem Federzug wieder aufhebt. Demnach wird sich auch meine Pathenschaft in Vaterschaft verwandeln. Das blose Nennen der Tange thuts allein nicht, sondern nur die Erklärung aller Verhältnisse der Steinkohlen durch die natürlichen Bedingungen und Eigenschaften der Meerespflanze, wie ich dieselben zuerst versucht und ausgeführt habe. Auch hat Volger, Bischof und E. Robert die Tange als steinkohlenbildend genannt, sie haben aber nicht festgehalten und dem Gedanken keinen Körper gegeben.

So ist mir auch die Ansicht ausgesprochen worden, als wenn die von mir aufgestellte Theorie der Steinkohlenbildung aus Meerpflanzen bereits in der phys. chem. Geologie von G. Bischof vorkäme. Dagegen würde ich Verwahrung einlegen. Die Tange werden allerdings in seinem Werke (2. Aufl. I, S. 798 und 809) mit folgenden Worten erwähnt:

S. 798. „Der Moniteur de la Flotte brachte 1837 eine Notiz über die bekannten Tangwiesen, welche sich zwischen den Azoren, den canarischen Inseln und den Inseln des Capverde auf einer Fläche, so gross wie das Mississippi-Gebiet ausbreiten, und die schon Columbus in Verlegenheit setzten. Gehen diese Tange nach und nach in Fäulniss über und sinken dann im Meere unter, so bilden sie Absätze von vegetabilischem Detritus und liefern das Material zur Steinkohlenbildung."

S. 809. „Die Fucusarten, der Wärme und dem Wasser ausgesetzt, zersetzen sich schon nach einigen Tagen; es ist daher nicht zu bezweifeln, dass sie nach ihrer Zersetzung im Meere untersinken und Material zur Steinkohlenbildung liefern müssten. Uebrigens kommen fossile Fucusarten im Steinkohlengebirge vor."

Aber mit diesen beiden Stellen, welche alles von den Tangen gesagte enthalten, steht der Inhalt des ganzen Capitels von 87 Seiten in offenbarem Widerspruch. Auf S. 748 findet sich wörtlich die bereits oben (S. 86) citirte Stelle.

Die ganze Ausführung geht auf die Ansammlung von „vegetabilischem Detritus," der von Landpflanzen abstammt und im Meere abgesetzt wurde. Dass die Tange ebenfalls als vegetabilischer Detritus aufgeführt werden, ist an sich nicht zulässig, denn hier haben wir die ganze Pflanze und keinen Detritus vor uns. Auf S. 749 entwickelt Bischof die nach der Erhebung der jüngeren Formationen zu nehmende Ausdehnung

der Continente und damit der Vegetation, und sagt nun: wo sind die Ueberreste dieser zahllos wiederholten Vegetationen zu suchen? Offenbar in der Steinkohle, wenn er ferner sagt: „wir haben keinen genügenden Grund zu der Annahme, dass die in späteren Perioden gewachsenen Pflanzen vollkommen zersetzt worden sein sollten.“

Auf S. 754 und 755 entwickelt Bischof den chemischen Unterschied der Braunkohle und Steinkohle im Sauerstoff- und Aschengehalt, und findet in der sehr nahen Uebereinstimmung einiger Steinkohlen, obgleich die Quantität der erdigen Bestandtheile sehr verschieden ist, „dass unter übrigens gleichen Umständen die Umwandlung der Pflanzensubstanzen in Steinkohle auf gleiche Weise erfolgte, mögen sich ihnen viel oder weniger erdige Theile beigemengt haben.“

Die Pflanzensubstanzen können hier nichts als Baumstämme bedeuten, weil es sich darum handelt, den grossen Gehalt der Braunkohle an Aschenbestandtheilen mit dem kleineren Gehalte der Steinkohlen in Einklang zu bringen.

S. 760 ist entwickelt, wie Steinkohlen aus Calamiten entstehen, und noch Pflanzenzellen oder Holzstructur zeigen könnten, wenn sie so porös waren, „dass die im Meer suspendirten erdigen Theile in ihre Zellen eindringen konnten.“

S. 777 heisst es: „Die Untersuchungen über die Umwandlung des Eichenholzes in vermodertes Holz und Humus gewähren eine klare Vorstellung von der Umwandlung des Holzes in Steinkohle, Braunkohle.“ Es ist aber nicht entwickelt, wie jemals aus Holzfaser eine schmelzbare Steinkohle entstehen kann, oder entstanden sei, was auch nicht möglich ist.

S. 779: „Bei der Umwandlung des Holzes in Steinkohle können drei Fälle als möglich gedacht werden.“

S. 781: „Der dem Meere in so ungeheuren Massen zugeführte vegetabilische Detritus zur Bildung so mächtiger Steinkohlenflötze, wie wir sie finden, die riesenmässigen Farren in den sie einschliessenden Gesteinschichten, führten frühere Geologen zur Ansicht, dass in den Erdzonen, wo diese Flötze auftreten, ein Tropenklima herrschte.

„Eine höhere Temperatur muss die Erdoberfläche in der Schöpfungsperiode gehabt haben, als jetzt, denn sonst würde ihre Zunahme nach dem Innern unerklärlich sein.“

Wenn wir die Steinkohle als geschaffen annehmen, so ist ihre Geologie sehr einfach. Die Zunahme der Wärme nach dem Innern der Erde erklärt sich nach natürlichen Gesetzen, ohne dass wir etwas Unerklärliches aus „der Schöpfungsperiode“ zu Hülfe nehmen müssen.

S. 798 u. flgd. wird entwickelt, wie der vegetabilische Detritus, welcher vom Lande den Strömen zugeführt wurde, in vorhistorischer Zeit bei weitem mehr betragen haben müsse, als die Bäume selbst.

Woraus der vegetabilische Detritus bestanden habe, ist nirgendwo genauer ausgesprochen. Wir können uns aber darunter nichts anderes

vorstellen, als den jährlichen Blätterfall, da in den Wäldern kein anderer Detritus von Bäumen entstehen kann. Diese Blätter dem Meere zugeführt, können dort versenkt nichts anderes geben, als was sie auch in den Landseen gegeben haben und noch geben, nämlich Blätterkohle, die aber so weit von der Steinkohle entfernt ist, dass man die von der Destillation des Erdöls in den Retorten übrig bleibenden Kohlen nicht einmal als Brennmaterial verwerthen kann, sondern wegwerfen muss. Zudem musste dieser Detritus immer mit Hochwasser und Schlamm ankommen, und es konnte keine Schichte Kohle ohne eine entsprechende Lettenschichte vorkommen, aber nicht 16 Fuss mächtige Flötze mit so geringem Aschengehalte.

S. 801 wird entwickelt, wie die vermoderten Pflanzen viel rascher sinken als der Flussschlamm, um dadurch zu erklären, dass Kohlen und Letten getrennt liegen.

S. 809: „Dass auch Torf Material zur Steinkohlenbildung geliefert habe, ist unzweifelhaft. Die Aehnlichkeit in der Zusammensetzung der Torfkohle mit der der Steinkohlen beweist dies.“

S. 808: „Wir vergessen indess keineswegs, dass zur Zeit der Steinkohlenbildung nur das Uebergangsgebirge und die ältern krystallinischen Gesteine aus dem Meere hervorgeragt, und dass damals die Continente einen viel geringeren Umfang als heutzutage gehabt haben.“ (?)

Es geht daraus hervor, dass B. die Kohlenbildung für abgethan hält und dass er die heute wachsenden Tange auch nicht zu neuen Steinkohlenbildungen verwenden kann. Es erhellet schliesslich, dass die Theorie Bischof's über die Steinkohlenbildung trotz jener zwei Stellen über die Tange, dennoch mit meiner Ansicht in nichts zusammenfällt, als dass er die Absetzung im Meere geschehen lässt. Von dem vortrefflichen Werke der chemischen und physikalischen Geologie ist das Capitel über die Steinkohlen das am wenigsten befriedigende; die Erklärungen sind geschraubt, sich wechselseitig ausschliessend und wieder aufhebend. Die Steinkohle von Bischof ist eine mit Braunkohle gemengte Blätterkohle, die aus den Stämmen von Landpflanzen und ihrem Blätterabfall in Meeresbecken abgesetzt wurde; er erkennt eine Steinkohlenzeit an und hat für die heute wachsenden Meerespflanzen keine Verwendung, während ich die Meerespflanzen als einziges Material und ausschliesslich annehme, jede sichtbare Einmengung als fremd und zufällig ansehe, und die Bildung zu allen Zeiten und auch heute noch als immer fortgehend betrachte.

Es ist schon oben angeführt worden, dass unter den Geologen der Jetztzeit sich keine bestimmte Ansicht über die Entstehung der Steinkohle festgestellt hat, sondern dass jeder eine der beiden bekannten Ansichten mit besondern Modificationen annimmt.

Prof. Unger in Wien verwirft die Holzstämme und entscheidet sich für die Bildung aus Torf, schliesst also Meeresbildung aus; Naumann und Vogt nehmen Meeresbecken und Landbecken an, also Ent-

stehung unter zweierlei Umständen und aus zweierlei Pflanzen; die Pflanzen der Landbecken werden in situ abgesetzt, die der Meeresbecken geschwemmt; Prof. Goeppert plaidirt für das Wachsen der Pflanzen am Orte ihrer jetzigen Ablagerung; Prof. Bischof lässt Pflanzendetritus vom Lande kommend im Meere sich ablagern; Prof. Bischof und Volger erwähnen die Tange als stoffgebend; die meisten nennen ihren Namen nicht, als wenn sie gar nicht existirten.

Der Werth, den jeder einer besondern Thatsache beilegt, hängt von seinen Erfahrungen und Anschauungen ab. Nicht selten werden aus derselben Beobachtung ganz entgegengesetzte Schlüsse gezogen. Besonders ist jeder geneigt, derjenigen Ansicht das Uebergewicht einzuräumen, mit deren Vertretung er am meisten in Berührung gekommen ist.

Der Botaniker ist am leichtesten für die Torftheorie gewonnen, weil der Torf noch heute aus ihm bekannten Pflanzen entsteht, und der Botaniker des Festlandes hält die Tangvegetationen für unbedeutend, weil er sie niemals gesehen hat.

Ewige Bildung der Steinkohle. Es lässt sich aber auch aus den Schriften der rechtgläubigsten Geologen nachweisen, dass sich Steinkohlen zu allen Zeiten und während aller Formationen gebildet haben. So sind (Naumann Geogn. II, 312) Anthracit und Steinkohle zwar seltene Gäste in der Uebergangsformation, aber keineswegs davon gänzlich ausgeschlossen. In der silurischen Formation Südschottlands fanden sich bei Harkness mehrere weit fortsetzende Anthracitflötze zwischen Schieferthonen, und nach Weaver umschliesst die Uebergangsformation in der Grafschaft Cork gleichfalls Anthracitflötze. Nach Sharpe finden sich in Portugal bei Vallengo, östlich von Oporto, in den untern Schichten der silurischen Formation anthracitartige Steinkohlen. Nach Paillette und Verneuil kommen in devonischer Formation bei Aviles in Asturien, bei Arnao und Ferrones Steinkohlenflötze vor, und es sprechen Gründe dafür, dass die Kohlenbassins von Hainichen und Ebersdorf in Sachsen als devonische Bildungen zu betrachten sind, und „von der eigentlichen Steinkohlenformation zu trennen.“ „Ueberhaupt, fährt Naumann fort, ist das Vorkommen der Steinkohlen eine Erscheinung, welche unter günstigen Umständen (!) in allen sedimentären Formationen zu erwarten, und auch bereits in allen nachgewiesen ist.“ Naumann läugnet die Natur der Steinkohle, wenn sie nicht in seinem System liegen, während doch das System unter dem Irrthum aufgestellt wurde, dass die Steinkohle nur einer bestimmten Zeit angehöre. Da sie aber allen Zeiten angehören, so wäre es doch natürlicher gewesen, die falsche Grundlage des Systems zu ändern, als zu behaupten, dass Steinkohle keine Steinkohle wäre, wenn sie gegen das System läge.

Kohlige Substanzen (N. G. II, 737) seien in der Bundsandsteinformation nur äusserst selten vorgekommen. Nach Kudernatsch sollen

die Kohlenflötze von Steierdorf im Banate der oberen Etage des bunten Sandsteins angehören. Der braune Jura bei Brora und auf Sky ist als kohlenführende Formation ausgebildet (l. c. II, 835), und der weisse Jura enthält Steinkohle als ungeordnetes Gebilde (l. c. II, p. 861). Im Keuper wird eine Lettenkohle (p. 774) angeführt. Ausser Nestern und Brocken von Pechkohle kommen auch bisweilen förmliche Flötze von Steinkohle im Lias vor, welche zwar gewöhnlich keine sehr grosse Mächtigkeit erlangen, dennoch aber einen Gegenstand des Bergbaues geliefert haben (l. c. p. 802). Steinkohlen sind aus dem Bereiche des Rothliegenden keineswegs gänzlich ausgeschlossen, obwohl sie niemals eine Bedeutung und Mächtigkeit wie in der carbonischen Formation (!) erlangen dürften (l. c. p. 595). Die norddeutsche Wälderformation ist reich an Kohlenflötzen, welche einen nicht unbedeutenden Bergbau bedingen. Die meisten dieser Kohlen zeigen die Eigenschaften einer wirklichen Steinkohle oder Schwarzkohle, und sind dabei sehr bituminös, so dass sich namentlich diejenigen der Grafschaft Schaumburg und des Fürstenthums Bückeburg den besten englischen Steinkohlen vergleichen lassen. Sie sind schwarz, stark glänzend, dicht, von unebenem muschligem Bruch, jedoch meist sehr zerklüftet (l. c. p. 906).

In der Tertiärformation, dem Nummulitenkalk, sind Kohlenflötze keine seltene Erscheinung, und auch oft mächtig genug, um abgebaut werden zu können; so z. B. bei Entrevernes in Savoyen, am Abhange des Diablerets, ohnweit Bex, wo die Kohle 2 bis 3 Meter mächtig und von anthracitartiger Beschaffenheit ist, ferner bei Beatenberg und in den Ralligstöcken, bei Gutaring in Kärnthen, bei Albona in Istrien (l. c. p. 1036).

In den Sandsteinetagen der Kreideformation kommen bisweilen Flötze von Steinkohlen vor, welche aber gewöhnlich zu schmal und zu schlecht sind, um eine bergmännische Gewinnung zu verdienen; doch kennt man auch bauwürdige Flötze, wie bei Wenig-Rackwitz in Schlesien und bei Grünbach in Oesterreich. Diese kohligen Lager werden gewöhnlich von Schieferthon begleitet, in welchen sich Pflanzenreste finden. Kleine und ganz unbedeutende Steinkohlenflötze kennt man im untern Quadersandstein Sachsens bei Niederschöna unweit Freiberg, bei Reinhartsgrimma, bei Leiteritz unweit Dresden und anderwärts. Wichtiger sind die Vorkommnisse im Quadersandstein Schlesiens, in der Gegend zwischen Bunzlau und Löwenburg, wo Flötze von 10 Zoll bis 2 Fuss Mächtigkeit abgebaut werden. Auch bei Wehrau kennt man schon lange ein in seinem Ausstrich fussmächtiges Kohlenflötz. Bei Quedlinburg kommen im bunten Thon des Uebergangsquaders schmale Kohlenflötze vor, welche man gleichfalls abzubauen versucht. Die sogenannte Gosaubildung der östreichischen Alpen, welche im allgemeinen der Turonbildung (Kreide) entspricht, ist kohlenführend. Bei Grünbach, westlich von Wiener Neustadt, kommen 21 Kohlenflötze vor, von denen einige von 2 bis 4 Fuss Mächtigkeit bauwürdig sind. Die Kohle ist

vortrefflich und wird von den Donau-Dampfschiffen verbraucht. (Vgl. Cziczek, im Jahrb. der k. k. geologischen Reichsanstalt II, 107). Alle diese ausserhalb der angenommenen Kohlenformation liegenden Vorkommnisse beweisen die Unhaltbarkeit der gewöhnlichen Ansicht, und bestätigen vielmehr die, dass sich zu allen Zeiten Steinkohlen abgelagert haben. Die erwähnten Steinkohlen sind ächte und wirkliche, und wenn man sie auf ihre Lagerung ansieht, so findet man, dass sie überall auf marinen Ablagerungen, Sandstein, Mergelschiefer, Schieferthon, Kalk liegen. Gerade diese vereinzelten und wenig mächtigen Lagen sind mit den entgegenstehenden Ansichten von Landesbildungen und Wachsen an Ort und Stelle unvereinbar. Den höchsten Werth lege ich aber auf den Umstand, dass die Steinkohle nur in Meeresgebilden liegt, und unter diesen am wenigsten oder fast gar nicht, im Thonschiefer. Dieses Gestein entsteht aus Flussschlamm, der sich im Meere vor den Mündungen der Flüsse absetzt. Oben über fliesst das süsse leichte Wasser des Flusses, und drängt Alles im Meere schwimmende oft über 100 Meilen zurück. Es kann also keine Tangmasse über das Gebiet des Thonschiefers schwimmen und dort versinken, wohl aber kann der feinste Schlamm der Flüsse sich über die Ablagerung der Tange schieben und dort versinken. Aus diesem Grunde enthält Silur und Devon keine Steinkohle. Auch findet sie sich nirgendwo im ächten Tertiär, woraus man den Nummulitenkalk als Meeresbildung aussondern muss, während die Bildung der Steinkohle aus Torf und Lignit, in situ oder verschwemmt, eine Unterlage von Landdetritus, Dammerde oder Waldboden verlangt, die aber nirgendwo vorgefunden werden, und dieser Grund allein wäre schon hinreichend, die ganze Theorie aus Landpflanzen und auf dem Lande als unhaltbar darzustellen. Die obigen Anführungen sind, um Widerspruch abzuschneiden, wörtlich aus Naumann's Geognosie entnommen, und beweisen, dass in diesem an Thatsachen so reichen Werke der Stoff liegt, die Ansichten des Verfassers zu widerlegen. Der hartnäckige Widerspruch gegen die Verwendung der Meerespflanzen zur Steinkohlenbildung liegt in dem Umstande, dass man sich aus den leicht zugänglichen Lignit- und Torfablagerungen eine Meinung gebildet und sie drucken gelassen hatte, ehe man von den Meerespflanzen Kenntniss hatte oder genommen hatte.

Festlandgebilde.

Die Gesteine der inneren Erde.

Mit aller Wahrscheinlichkeit können wir annehmen, dass der grösste Theil des Erdballs aus Silicaten bestehe; denn die hervorragenden Gipfel dieser Gesteine, deren Bildung wir niemals wahrnehmen, reichen mit ihrem Fusse tief in das unergründliche Dunkel des Erdballs. Für die Beobachtung der Menschen sind die Meeresbildungen anscheinend viel bedeutender. Da sich dieselben aber nur auf der Oberfläche der festen Erde im Meere bilden können, niemals aber im Innern der Erde, und da das Meer über $\frac{2}{3}$ der ganzen Erde bedeckt, so ist einleuchtend, dass die Meeresgebilde an den meisten Stellen der gehobenen Meeresböden die Silicate der Erde bedecken, und was diese frei lassen, bedecken die Detritusbildungen des Festlandes als Gerölle, Schutt und Ackererde. Es können deshalb die Silicate der Erde nur durch Hebung und Entblösung von den bedeckenden Meeresgebilden frei zu Tage treten. Allein dies darf uns in der Ansicht nicht irre machen, dass sämmtliche Meeresgebilde, die ungeheuren Ablagerungen von Thonschiefer, Sandstein und Kalk nur ein verschwindend kleiner Theil von dem ganzen Erdballe sind. Was stellt ein 10000 Fuss mächtiges Kalkgebirge vor gegen die Erdkugel von 1720 Meilen Durchmesser? und es kann sich kein Kalk, kein Thonschiefer, kein Sandstein anders bilden, als auf der Oberfläche der Erde.

Alle Silicatgesteine bestehen aus einzelnen Mineralien, von denen gewöhnlich mehrere zusammen eine Felsart bilden. Diese Mineralien sind die Worte der Erde, und die Gebirge die Sätze. Wir müssen deshalb diese Mineralien etwas genauer ins Auge fassen.

Die den Erdball bauenden Silicate erscheinen uns unter zwei Gesichtspunkten: die eisenfreien: die Feldspathe; die eisenhaltigen: die

Augite. Nicht selten kommen mehrere eisenfreie und eisenhaltige in demselben Gesteine vor; in den meisten Fällen sind wir aber gar nicht im Stande, durch Analyse die verschiedenen Mineralien zu trennen und ihrem Gewicht nach zu bestimmen. Eine Hauptschwierigkeit liegt in dem Umstande, dass diese Mineralien selbst in einzelnen gut ausgebildeten Krystallen keine genau nach chemischen Proportionen gebildete Verbindungen darstellen. Dies liegt zum Theil in der langen Dauer der Bildung eines Krystalls, wobei die bildende Flüssigkeit im Anfang eine andere Zusammensetzung hatte, als gegen Ende, so dass der Krystall sowohl an seinen verschiedenen Enden, als auch von innen nach aussen nicht überall dieselbe Zusammensetzung hat; dann aber auch haben die Hauptbestandtheile dieser Mineralien, die Kieselerde und Thonerde, eine so grosse Beweglichkeit der Verhältnisse, dass sie den Mineralogen und den Chemiker zur Verzweiflung bringen können. Ordnet man die Mineralien nach der Form, so kommen die ungleichartigsten Verbindungen unter einen Gesammtnamen, wie Adular und Anorthit; ordnet man sie nach ihren Bestandtheilen, so erscheinen die ähnlichsten Verbindungen mit verschiedenen Krystallformen, wie Nephelin, Anorthit und Feldspath unter gemeinschaftlicher Bezeichnung.

Von Isomorphie ist im allgemeinen bei Silicaten gar keine Rede, und die analytischen Resultate bei Mineralien sind im beständigen Kampfe gegen das Gesetz der bestimmten Proportionen. Bei Berechnung von Formeln muss man ansehnliche Mengen Substanz todtschweigen oder ergänzen, um eine erträgliche und einfache Formel zu erlangen. So besteht im ganzen Umfang der Mineralogie kein einziges Mineral, aus dem man das Atomgewicht der Kieselerde mit einiger Richtigkeit ableiten könnte.

Feldspath. Der Feldspath ist das wichtigste aller einfachen Mineralien, denn er geht in die Zusammensetzung fast aller krystallinischen Silicate ein, und bei den am häufigsten vorkommenden, dem Granit und Gneiss, in der grössten Menge. Er besteht aus kieselsaurem Kali und kieselsaurer Thonerde. Eisenoxyd und Oxydul gehören nicht in seine Mischung, obgleich sie selten ganz fehlen. An Stelle des Kalis treten wechselnde Mengen von Natron und Kalk, womit dann auch die Krystallform wechselt. Wenn wir auch aus Chlorkalium und Chlornatrium schliessen, dass Kalium und Natrium isomorph seien, so ist dies beim Kali- und Natronfeldspath entschieden nicht der Fall. Die bisherigen Beobachtungen haben für den reinsten Kalifeldspath, den Adular, ein monoklinisches Krystallsystem ergeben, während der Natronfeldspath, der Albit, zum triklinischen System gehört. Die Hauptformel des Kalifeldspathes, Orthoklas oder Adular, ist $KaO, 3SiO_2 + Al_2O_3, 3SiO_2$ oder einfacher $KO, Al_2O_3, 6SiO_2$, und daraus ergibt sich die theoretische Zusammensetzung:

Kieselerde	64,61,
Thonerde	18,48,
Kali	16,91,
	100.

Von dieser Zusammensetzung ist wohl noch niemals ein Feldspath gefunden worden. Der Kaligehalt ist bei dem neuen Atomgewicht des Siliciums von 14 immer in die Höhe gestiegen, weil der der Kieselerde abgenommen hat. Alle früheren Berechnungen gaben 16,6 $\frac{0}{0}$ Kali.

Der Feldspath ist sehr schwer schmelzbar und lässt sich nicht eigentlich in dünnen Fluss bringen, sondern bildet selbst im geschmolzenen Zustande eine zähflüssige Masse, die sich in Fäden ausziehen lässt. Nach dem Schmelzen hat er bedeutend am spec. Gewichte abgenommen, und gewinnt dasselbe auch nicht wieder, weder beim raschen noch langsamen Erkalten. Durch das Schmelzen verliert er seine lamellare Form und geht in ein amorphes Glas über, was als Obsidian dicht, als Bimsstein porös erscheint.

Die Mineralogen haben eine grosse Anzahl von Feldspathen unterschieden, und viele mit Unrecht. So fällt der Rhyakolith, Sanidin mit dem Orthoklas zusammen, der Periklin mit dem Albit. Der reine Natronfeldspath oder Albit würde einfach Natron in aequivalenter Menge der Kalis im Adular enthalten. Der Oligoklas, der ebenfalls triklinisch ist, enthält eine kleinere Menge Kieselerde, und würde nach den Analysen die etwas sonderbare Zusammensetzung eines $\frac{16}{7}$ Silicat haben, der Labrador, mit Kalk und Natron ohne Kali, würde ein $\frac{3}{2}$ Silicat sein, und der Anorthit, welcher sehr selten und fast niemals felsbauend auftritt, nur ein Monosilicat. Mit dieser Zusammensetzung stimmt auch die Zersetzbarkeit dieser Feldspathe überein, denn Adular und Albit werden von Säuren kaum angegriffen, Oligoklas wenig, Labrador leichter, und Anorthit wird von Salzsäure vollständig ohne Gallertbildung zersetzt.

Stellen wir diese Feldspathvarietäten neben einander, so haben wir für:

Orthoklas und Albit	$MeO, Me_2O_3, 6SiO_2$,
Oligoklas	$2(MeO, Me_2O_3), 9SiO_2$,
Labrador	$MeO, Me_2O_3, 3SiO_2$,
Anorthit	$MeO, Me_2O_3, 2SiO_2$.

Es ist nicht gelungen, diesen Widerspruch zu lösen. Es ist wahrscheinlich, dass die Bildung der einzelnen Feldspathe von der in der Lösung befindlichen Menge der Kieselerde abhängt. Diejenigen Gesteine, welche noch freien Quarz enthalten, führen meistens die am meisten Kieselerde enthaltenden Orthoklas und Albit, während in Basalten, Doleriten mit dem Labrador und Oligoklas fast niemals freier Quarz sich vorfindet.

Nach der Analyse würde man diese Mineralien unmöglich zusammengestellt haben, und es spricht für den hohen Werth, den man auf die

Form legt, dass man sie dennoch zu einer Mineralspecies eingereiht hat: ein Monosilicat und ein Trisilicat. Wir wissen aber gar nichts über den Zusammenhang von Form und Stoff. Eins aber scheint fest zu stehen, dass alle diese Gebilde in ganz gleicher Weise in der Natur gebildet sind, und dass sie Kieselerde im verdichteten Zustande enthalten.

Von besonderm Interesse ist das spec. Gewicht des Feldspathes, worüber wir eine grosse Anzahl zuverlässiger Angaben haben. Eine werthvolle Reihe von Bestimmungen besitzen wir von Tschermak *), welche den Vortheil bieten, dass sie von demselben Forscher herrührend, nach derselben Methode angestellt sind und deshalb zuverlässig mit einander verglichen werden können. Darnach gehen die reinen Kalifeldspathe von 2,562 bis 2,573; die Albite von 2,620 bis 2,635, der Oligoklas hat 2,643 und der Labrador 2,697. Es steigen also die specifischen Gewichte von Kalifeldspath nach dem Natronfeldspath und Labrador hin.

Das Atomvolum vom Orthoklas ist

$$\frac{278,61}{2,56} = 108 \text{ und vom Albit } \frac{262,5}{2,62} = 100,$$

ihre Isomorphie also hierdurch nicht befürwortet, sowie sie auch fehlt.

Ueber die Unsicherheit in der Kenntniss und Beurtheilung der Feldspathe besitzen wir eine interessante Arbeit von Rammelsberg **), wornach man geradezu zweifeln sollte, ob es überhaupt noch chemische Proportionen für die Kieselerde gäbe. Die Geologie ist bei dieser Discussion ganz unbetheiligt; sie nimmt aber davon Act, dass alle natürliche Feldspathe in Kanälen eingeschlossenes Wasser enthalten von 1 bis 3 %.

Geologisch genommen und ohne Beachtung der Form erscheint uns als Feldspath in den krystallinischen Gesteinen der eisenfreie Antheil derselben, insbesondere der eisenoxydulfreie Antheil: mannigfaltig zusammengesetzte Silicate von Thonerde und Alkalien. Die Gränzen der Kieselung gehen von Mono- bis Trisilicat. Sehr häufig sind 2, ja sogar 3 Feldspathe in demselben Gestein enthalten, wobei uns denn die Mittel fehlen, dieselben analytisch zu trennen oder zu bestimmen. In einigen Doleriten des Siebengebirges kommen Sanidin, Oligoklas und Nephelin zugleich vor. Aus diesem Gesichtspunkte dürfen wir den Nephelin zu dem feldspathartigen Antheil der Gesteine rechnen.

Nephelin. Der Nephelin ist ein Monosilicat von Kali, Natron und Thonerde. Spec. Gew. 2,58—2,64. Er wird leicht durch Salzsäure unter Gallertbildung zersetzt. Er krystallisirt hexagonal. Sein einzelnes Vorkommen als freier Krystall hat geologisch keinen Werth, sondern nur sein gemengtes Vorkommen mit andern Silicaten in Felsarten.

---

*) Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Phys. Klasse Bd. 50, S. 568.
**) Pogg. 126,39.

Deutlich eingewachsen kömmt er vor im Basalt des Katzenbuckels im Odenwald unweit Eberbach, wo man kaum einzelne Krystalle trennen kann. Auf der Bruchfläche zeigt er entweder ein regelmässiges Sechseck oder ein Rechteck, je nachdem er quer oder der Länge nach gespalten ist. Der Nephelin ist ein häufiger Bestandtheil basaltischer und doleritischer Gesteine, in denen er durch Behandlung mit Säuren aufgeschlossen werden kann, während andere Bestandtheile nicht so zersetzt werden. Doch ergibt sich aus diesem Verfahren niemals seine richtige Zusammensetzung, weil gleichzeitig Magneteisen, Spatheisen, Kalkcarbonat und Antheile der andern Silicate gelöst werden. Es ist kein Grund vorhanden, warum man den Nephelin nicht auch zu den Feldspathen rechnen soll, wie den Anorthit, denn er ist wie dieser Monosilicat, nur enthält letzterer Kalk statt der Alkalien. Die Krystallform allein ist weniger wichtig als die Zusammensetzung und der Nephelin ist in den Basalten und Doleriten einer der eisenfreien Bestandtheile, wie die andern Feldspathe. Er kommt wesentlich in den kieselsäurearmen Gesteinen vor, und oft kann man nur durch seinen geringen Kieselerdegehalt (42 %) die Zusammensetzung des ganzen Gesteins erklären. In einer gewissen Verwandtschaft steht zu ihm der Nosean, der ebenfalls Monosilicat ist, tesseral krystallisirt und als Bestandtheil gewisser Gesteine, oft nahe bei Nephelin vorkommt. Sein Gehalt an Schwefelsäure ist unwesentlich und nur durch seine nasse Bildung zu erklären, die er mit dem Nephelin gemeinschaftlich hat. In Noseanlaven kann man weder seine Form, noch seine Zusammensetzung wieder finden.

Augit und Hornblende. Diese beiden Mineralien sind chemisch nicht von einander zu unterscheiden und werden auch meistens nur krystallographisch getrennt, und wo dies wegen der Kleinheit der Krystalle nicht möglich ist, bleibt vollständige Unsicherheit. Dies ist aber auch dann, wo die Gestalt nicht erkennbar ist, ganz unerheblich, da man es mit einem ganz gleich zusammengesetzten Dinge zu thun hat. Augit und Hornblende sind die eisenoxydulhaltigen Bestandtheile der dunkel gefärbten natürlichen Silicate. Die Krystallform beider Mineralien ist eine schiefe rhombische Säule (monoklinisches System), nur stehen die beiden rechtwinkligen Achsen verschieden zu der Neigungsebene; beim Augit liegt vorne ein spitzer Winkel von 87° 6′ und bei der Hornblende ein stumpfer Winkel von 124° 30′; beim Augit liegt also die grosse Diagonale steigend in der Steigungsebene, bei der Hornblende die kleine.

Es gibt mineralogische und geologische Augite und Hornblenden. Die erstern sind sehr ausgezeichnete Krystalle, die einzeln eingewachsen oder in Gangspalten ausgebildet vorkommen; so beim Augit der Diopsid, Malakolith, bei der Hornblende der Grammatit, Strahlstein u. a. Die geologischen sind diejenigen Abänderungen, welche Bestandtheile ganzer Gebirge ausmachen, und diese heissen gewöhnlich die gemeinen Augite und Hornblenden, und ihnen fehlt niemals als Bestandtheil Eisenoxydul

und Thonerde. Das spec. Gew. des Augits ist 3,24 bis 3,34, und der Hornblende 3 bis 3,167. Es ist nicht unmöglich, dass in der ungleichen Verdichtung der Kieselerde, die im Augit grösser ist, als in der Hornblende, die Ursache der Heteromorphie liege. Augit und Hornblende werden im natürlichen, vom Feuer noch nicht berührten Zustande, von Säuren fast gar nicht angegriffen. Schmilzt man sie aber bei sehr heftigem Feuer vollständig ein, so werden sie von Salzsäure vollkommen aufgeschlossen. Diese Thatsache ist sehr merkwürdig und von Mitscherlich constatirt. Er lässt die Mineralien in eine Pincette gefasst an einer Ecke schmelzen, taucht dann einen Platindraht hinein, an den sich der Krystall festschmilzt, und hält nun das Mineral an dem Platindraht in die Knallgasflamme um es vollständig zu schmelzen. Er bemerkt ausdrücklich, dass, wenn man diese Vorsicht versäume, nachher noch unzersetzter Augit zurückbliebe.

Auf die Erklärung dieser Erscheinung kommen wir an einer andern Stelle zurück.

Die Versuche Bischof's über die Löslichkeit der Augite in Salzsäure sind nicht ganz vorwurfsfrei, weil er sich dazu solcher Augite bedient hat, welche am Laacher See lagen, also unzweifelhaft schon vulkanischem Feuer ausgesetzt waren. Cohäsion und chemischer Widerstand sind dadurch schon wesentlich gebrochen.

Augit oder Pyroxen. Der Augit ist in seiner reinsten Form ein einfaches Silicat von gleichen Atomen Kalk und Bittererde, würde also die Formel



$$CaO, SiO_2 + MgO, SiO_2 \text{ oder } CaO, MgO, 2\,SiO_2$$

haben. Der Sauerstoff der Kieselsäure ist das Doppelte von dem der Basen. In dieser reinen Gestalt findet sich aber der Augit kaum auf der Erde, sondern die Basen sind häufig durch Antheile von Eisenoxydul, Manganoxydul vertreten und es kommen davon je 3 und 4 dieser Bestandtheile zusammen vor, doch so, dass Kalk und Bittererde niemals ganz fehlen. Es entstehen daraus verschiedene Gruppen.

1) Die Kalk-Bittererde-Augite,

wozu der Diopsid, der Malakolith, Sahlit gehören, welche nur in der Art des Vorkommens und äussern Ansehens sich unterscheiden. Bei der Berechnung der Sauerstoffantheile tritt das Verhältniss von 1 : 2 fast niemals ganz rein hervor, allein die Differenzen sind klein und theils positiv, theils negativ.

2) Kalk-Eisenoxydul-Augite.

Darunter ganz ächte Augite, Malakolithe. Das Sauerstoffverhältniss tritt ziemlich rein hervor.

3) Kalk-Manganoxydul-Augite.

4) Kalk-Bittererde-Eisenoxydul-Augite.

Bei keiner Analyse ist das Sauerstoffverhältniss 1 : 2 ganz scharf hervorgetreten. Dieses mag daher rühren, dass die Bildung der Minera-

lien noch nicht ganz vollendet war, oder dass sie schon eine anfangende Zersetzung erlitten hatten.

Nun tritt noch eine neue Gruppe in den thonerdehaltigen Augiten auf, die dem Chemiker besondere Schwierigkeiten macht. Die Thonerde als nicht isomorph mit den Basen RO kann diese nicht vertreten, und man ist in Verlegenheit, ob man die Thonerde den Basen, oder als einen sehr schwach basischen Körper der Kieselsäure zurechnen solle. Bischof hat beide Berechnungen (Ch. G. 1. Aufl. II., 1,522) neben einander gestellt, und einmal den Sauerstoff der Thonerde zu dem der Basen, das anderemal zu dem der Kieselsäure addirt. Zählt man den Sauerstoff der Thonerde zu dem der Basen, so ist er in allen Fällen mehr als die Hälfte von dem der Kieselerde, und zwar im Durchschnitt der 12 Analysen wie 15,58 : 26,15, während das Doppelte 31,16 wäre. Zählt man dagegen den Sauerstoff der Thonerde zur Kieselerde, so ist in allen Fällen der Sauerstoff der Basen weniger als die Hälfte des Sauerstoffes der Kieselsäure, und zwar im Mittel der 12 Analysen wie 12,65 : 28,1 während die Hälfte 14,05 verlangte. Berechnet man den Sauerstoff der Thonerde nur zu $\frac{1}{3}$ seines Betrags, weil die Thonerde 3 Atome Sauerstoff enthält, und zwar zu den Basen, so tritt eine bessere Uebereinstimmung ein, allein bei einigen Umrechnungen, die ich vorgenommen, noch immer keine genügende, und wir müssen zugeben, dass wir für diese Art Körper noch keinen chemischen Schlüssel gefunden haben. So gibt z. B. die Analyse von Kudernatsch Nr. 4*) für den ganzen Sauerstoff der Thonerde 16,428 : 26,33, und für $^1/_3$ des Sauerstoffs der Thonerde 14,56 : 26,33, also in beiden Fällen zeigten die Basen mehr als die Hälfte. Es kann deshalb hier noch die Ansicht Gmelin's angeführt werden, welcher die thonerdehaltigen Augite als aus 5 At. Augit und 1 At. Granat, nach der Formel ($6CaO, 3MgO, FeO + 10SiO_2$) + ($3MgO, Al_2O_3, 3SiO_2$) betrachtet, ohne dass wir uns über das Wie einen Begriff machen können, ob es eine Verbindung oder ein Gemenge sein soll. Bischof**) hat noch die thonerdehaltigen Augite unter der Voraussetzung, dass der Sauerstoffgehalt der Basen wie 2 : 3 sei, berechnet, aber auch hier keine Uebereinstimmung gefunden, indem er schliesslich dies Verhältniss für das wahrscheinlichere hält.

Der Augit kommt als Diopsid in zolllangen, lichtgrünen, durchscheinenden Krystallen auf Gängen vor, zugleich mit Granat, Chlorit, Apatit, Titanit, Vesuvian, Magneteisen und anderen. Seine Entstehung hat hier unstreitig auf nassem Wege stattgefunden, und dies beweisen seine Begleiter. Granat und Vesuvian erscheinen als ungeglüht durch ihr Verhalten zu Säuren, Chlorit durch seinen Wassergehalt, Magneteisen als freie Base. Malakolith findet sich im körnigen Kalk. Zu

*) Poggendorff's Annalen 37,882.

**) J. G. II., 1,525.

Sahla sind Malakolithkrystalle in Bleiglanz und Kalkspath eingewachsen, was aber nur für diese letztgenannten sprechend ist.

Der gemeine Augit, in Krystallen und derben Massen, ist ein wesentlicher Bestandtheil des Basalts, Dolerits, Augitporphyrs, Melaphyrs, und erscheint als eigenthümliche Felsart im Augitfels.

Er ist wenig leichter schmelzbar als Feldspath und gesteht bei langsamer Erkaltung wieder zu steinartigen, entglasten Massen. In Hochofenschlacken hat man häufig Augite zu finden geglaubt. Die Sache bedarf noch einer fernern Untersuchung nach den neuerdings entdeckten Zeichen feuerflüssiger Gebilde.

Diallag, Hypersthen und Bronzit sind ebenfalls Monosilicate von Bittererde, Eisenoxydul auch mit Beimengungen von Thonerde, und kommen im spec. Gewicht und dem Wenigen, was man von Krystallform an ihnen bemerken konnte, mit Augit überein. Sie werden ebenfalls ungeglüht von freien Säuren nicht angegriffen. Sie treten auch felsbildend auf.

Hornblende oder **Amphibol** ist ein dem Augite in seiner Zusammensetzung ganz ähnliches und in der Krystallform nur durch die Winkel verschiedenes Mineral; es besteht aus denselben Bestandtheilen und hat auch eine thonerdehaltige Abtheilung. Der allgemeine Character ist der, dass sie eine kleine Menge Kieselerde mehr enthält, als die Augite. Während diese einfache Silicate sind, kann man die Hornblende als $\frac{6}{5}$ Silicate bezeichnen, etwa mit der Formel 5MO, $6SiO_2$ und unter MO ist auch hier ein Gemisch von Kalkerde, Bittererde, Eisenoxydul und Manganoxydul zu verstehen. Die thonerdehaltigen lassen sich aber so wenig, wie bei den Augiten, in eine rationelle Formel bringen. Das Sauerstoffverhältniss der Kieselsäure zu dem der Basen würde nach obiger Formel sein, wie 12 : 5. Bischof nimmt wie 9 : 4 an; Analysen des Strahlsteins geben wie 16 : 7. Das Gemeinschaftliche dieser Verhältnisse ist ein kleiner Ueberschuss an Kieselerde; seine Grösse lässt sich nicht genau ermitteln, und ist auch unwichtig.

Wie bei den Augiten sind einige Arten als

1) Kalk-Bittererde-Hornblende,
2) Bittererde-Eisenoxydul-Hornblende,
3) Kalk-Bittererde-Eisenoxydul-Hornblende,
4) Natron-Eisenoxydul-Hornblende (Arfvedsonit)

und endlich

5) thonerdehaltige Hornblenden unterschieden worden.

Die Hornblende erscheint ebenfalls als einzelnes Mineral, ohne Gebirge zu bilden, in besondern Lagerstätten als Strahlstein, Grammatit, Tremolit, Anthophyllit. Die Analysen dieser Mineralien schliessen sich an eines jener Verhältnisse mehr oder weniger gut an, dagegen die thonerdehaltigen machen wie beim Augit die grösste Schwierigkeit. Man ist schliesslich dazu übergegangen, die Thonerde theils als basisch, theils

als Säure zu berechnen, und diese Berechnung ist für 21 Analysen*) ausgeführt worden. Allerdings gibt es Thonerdeverbindungen mit Bittererde (Spinell) und Zinkoxyd (Gahnit), in welchen die Thonerde der Säurebestandtheil ist. Dagegen in demselben Körper demselben Stoffe zweierlei Rollen anzuweisen, findet in der unorganischen Chemie bis jetzt keine Unterstützung.

Die Analyse der Mineralien schlägt der Lehre von den bestimmten Proportionen empfindliche Wunden. Wir suchen so lange zu heilen, als wir können, und wenn das nicht gelingt, so erklären wir den Stoff für unrein. In diesem Falle ist jede Analyse richtig und keine Berechnung kann uns mehr etwas lehren.

Das Vorkommen der Hornblende ist wie beim Augit theils zerstreut, theils massig. In vielen Fällen, wo die Hornblende innig mit einem feldspathigen Gestein gemengt vorkommt, ist es unmöglich zu unterscheiden, ob Augit oder Hornblende im Spiele ist. Denn da die Bestandtheile in beiden dieselben sind, und nur im Verhältniss der Kieselsäure ein kleiner Unterschied statt findet, die Kieselsäure und oft auch die Thonerde ein gemeinschaftlicher Bestandtheil beider Mineralien ist, und da auch die Proportionalität in dem reinen Vorkommen so unsicher ist, so wird es oft ganz unthunlich die Natur des nicht feldspathigen Minerals zu erkennen. Allein es ist auch zuletzt nicht viel daran gelegen, da Augit und Hornblende in ganz gleicher Art entstehen, vorkommen und wieder zersetzt werden. F. Sandberger**) beschreibt ein gemeinschaftliches Vorkommen von Hornblende und Augit im Westerwalde zwischen Härtlingen und Schöneberg, und Naumann bemerkt in seiner Geognosie, dass ein solches nicht zu den Seltenheiten gehöre. Die gemeine Hornblende bildet als solche das körnige Hornblendegestein, welches dem Augitfels parallel läuft, und als Gemengtheil kommt sie im Syenit, Diorit und Trachyt vor und als zufälliger Bestandtheil im Granit, Hyperit, Gabbro, Gneiss und Glimmerschiefer Mit verschiedenen Feldspatharten kommt sie in allen möglichen Verhältnissen vor, so dass nur die äussersten Gränzen der Gesteine, nicht aber die Zwischenstufen systematisch benannt werden können. Daher kommt es auch ganz unverschuldet, dass von verschiedenen Geognosten dasselbe Gestein Diorit, von andern Gabbro, von andern Melaphyr genannt wird. Diese Unterscheidungen sind oft ebenso unmöglich, wie unwesentlich, besonders wenn zweierlei Feldspathe im Spiele sind. Ist darunter Labrador, so tritt in der Kalkerde noch einmal ein gemeinschaftlicher Bestandtheil auf, welcher die Vertheilung der Resultate erschwert.

Der Zusammensetzung nach stehen einige Mineralien der Hornblende ganz nahe und unterscheiden sich nur durch die fadenförmige, biegsame Gestalt. Dahin gehören die unter den Namen Asbest, Amianth, Berg-

---

*) Bischof, Ch. G. II., 2,852.

**) Pogg. 76,111.

kork, Byssolith bekannten. Sie sind mineralogisch Strahlstein, Tremolit oder gemeine Hornblende in sehr zartfaseriger Gestalt. Allgemein bedingt die Gegenwart von kieselsaurer Bittererde ein seidenartiges Ansehen und fettiges, schlüpfriges Anfühlen, wie im Speckstein, welcher $\frac{4}{3}$ kieselsaure Bittererde ist, im Meerschaum, welcher eine wasserhaltige Verbindung von $1\frac{1}{2}$ kieselsaurer Bittererde ist, im Talk $\frac{4}{4}$ kieselsaurer Bittererde, Serpentin oder gewässerter $\frac{2}{3}$ kieselsaure Bittererde, Magnesiaglimmer, und solchen Gesteine, worin diese Mineralien in bedeutendem Verhältniss enthalten sind, wie Talkschiefer, Glimmerschiefer.

Die Zersetzung der Augite und Hornblenden geschieht in ungleicher Weise durch Wasser und Kohlensäure. Je nach der Zusammensetzung sind die Producte verschieden. Aus den reinen Kalk-Bittererde-Arten entsteht neben dem Thon kohlensaurer Kalk und Bittererde, die sich durch Aufbrausen mit Säuren in denselben noch erkennen lassen, zum Theil auch in Lösung weggeführt werden, und dann in mannigfache Verbindungen, Kalkspath, Bitterspath übergehen. Enthalten die Augite und Hornblenden auch Eisenoxydul und Manganoxydul, so können neben kohlensaurem Kalk gemischte Spathe entstehen, oder aus dem Eisengehalt Eisenoxyd, aus dem Mangangehalt Pyrolusit und andere Manganerze, je nachdem Sauerstoff Zutritt hat oder nicht, oder ein eisenoxyd- und kalkhaltiger Thon, oder Serpentin, Talk. Von den wirklichen Zersetzungen sind die Umsetzungen zu unterscheiden, welche in einer Veränderung der Gestalt mit oder ohne Ausscheidung eines Bestandtheils geschehen. So sind nach Augit beobachtet worden Asbest, Serpentin, Speckstein, Cimolit, Opal, Braunit, Pyrolusit, Glimmer, Grünerde, Hornblende, Granat, Magneteisen und Eisenoxydulsilicate, worunter wasserhaltiger Chlorit. In gleicher Weise ist beobachtet worden noch Hornblende, Chlorit, Serpentin, Speckstein, Jaspis, Asbest, Glimmer, Chabasit. Alle diese Umsetzungen geschehen auf nassem Wege und sehr langsam.

Granat. Dieses Mineral, welches selten felsbildend auftritt, erscheint meistens in der ihm eigenen Krystallform, dem Granatoeder oder Rhombendodekaeder, hat ein spec. Gewicht von 3,61 bis 4,23. Er enthält 3 Atom einer starken Basis (Kalk, Bittererde, Eisenoxydul, Manganoxydul) auf 1 Atom einer schwachen Basis (Thonerde, Eisenoxyd) gegen 3 Atom Kieselerde, ist also $\frac{3}{4}$ Silicat. Er besitzt eine für den schwachen Gehalt von Kieselerde (38 bis 40 %) ungemein grosse Härte, so dass er in einigen Modificationen selbst den Quarz ritzt.

Aus der Combination der obigen Bestandtheile entstehen folgende 8 grössere Abtheilungen, wobei es gewöhnlich nur auf Vorwalten eines Bestandtheiles ankommt, da in den meisten Fällen mehrere der starken und schwachen Basen zugleich vorhanden sind

1) $3CaO, Al_2O_3 + 3SiO_2$ 2) $3MgO, Al_2O_3 + 3SiO_2$
3) $3MnO, Al_2O_3 + 3SiO_2$ 4) $3FeO, Al_2O_3 + 3SiO_2$

5) $3CaO, Fe_2O_3 + 3SiO_2$ 6) $3MgO, Fe_2O_3 + 3SiO_2$
7) $3MnO, Fe_2O_3 + 3SiO_2$ 8) $3FeO, Fe_2O_3 + 3SiO_2$.

Die Verbindung 1 (Kalk-Thongranat) ist vorwaltend im Kaneelstein, Grossular, weissen Granat; die Verbindung 2 (Bittererde-Thongranat) im schwarzen Granat von Arendal; die Verbindung 3 (Mangan-Thongranat) in einem Granat von Nordamerica, und in einem Granat von Broddbo; die Verbindung 4 (Eisen-Thongranat) im Almandin und edlen Granat; 5 (Kalk-Eisengranat im gemeinen gelben, braunen und schwarzen Granat; 6, 7 und 8 treten in keinem Vorkommen vorherrschend auf. Der Pyrop, der vorzüglich aus den Verbindungen 1, 2, 5 besteht, enthält einen Gehalt von Chrom, wahrscheinlich als Oxyd.

Idokras oder **Vesuvian** hat eine ganz gleiche Zusammensetzung mit dem Granat, so dass man beide isomer nennen kann; er krystallisirt aber im quadratischen System. Sein spec. Gewicht ist 3,08 bis 3,4 und seine Härte ist ebenfalls geringer als die des Granates. Er ritzt den Feldspath aber nicht mehr den Quarz. Verdichtung und Härte gehen also bei beiden Mineralien gleichen Schritt (vgl. Pogg. 21,50 und 94,92).

Hier könnte der **Epidot** erwähnt werden, der in seiner Zusammensetzung mit Granat eine grosse Aehnlichkeit hat. Er krystallisirt monoklinisch, enthält die starken und schwachen Basen immer zugleich, und ist $\frac{4}{3}$ und $\frac{5}{6}$ Silicat. Sein spec. Gewicht ist 3,26 bis 3,42. Seine Härte ist geringer als bei beiden vorhergehenden, so dass er den Feldspath nur in einigen Arten ritzt. Diese 3 Mineralien sind durch ihre chemische und physikalische Beschaffenheit für die Geologie sehr wichtig, wie an einer andern Stelle erörtert wird.

Der **Olivin** krystallisirt rhombisch, hat das spec. Gew. 3,33 bis 3,4 und ist seiner Hauptmasse nach halbkieselsaure Bittererde, jedoch mit einer niemals fehlenden Menge von Eisenoxydul, die zwischen 8 und 15 Procent schwankt. Seine Formel ist allgemein



$$2(MgO, FeO), SiO_2.$$

Der Eisenoxydulgehalt geht von $\frac{1}{5}$ bis zu $\frac{1}{4}$ des Bittererdegehaltes und zwar in allen Verhältnissen, und keine bestimmte Formel lässt sich für dieses Verhältniss auffinden. Sehr bemerkenswerth ist ein kleiner Gehalt von Nickeloxydul, welcher von Stromeyer *) und von Berzelius **) beobachtet wurde, von letzterem auch eine Spur von Kupferoxyd und Zinnoxyd.

Der Olivin wird im gepulverten Zustande durch Säuren aufgeschlossen, wobei die Kieselerde gelatinirt. Er ist in hohem Grade feuerbeständig und kann in keinem Ofenfeuer zum vollständigen Schmelzen gebracht werden. Nach Klapproth's ***) Versuchen sinterten im Porzellanofen die Olivine aus Grönland, dem Habichtswalde, nur etwas

*) Schweigger's Journal N. R. 14,257.
**) Berzelius Jahresbericht 15,217.
***) Beiträge 1,22.

zusammen; die Körner waren schwarz, verglast, zusammengebacken, an den Wänden des Tiegels angeschmolzen. Der Olivin von Unkel schmolz zu einer grünlichen, glänzenden, etwas porösen Masse. Die Lava des Vesuvs schmolz in demselben Feuer zu einem dichtgeflossenen Glase. In umgeschmolzenem Basalt fand man die Olivinstücke noch unaufgelöst (Althans).

Chlorit ist im Ganzen $\frac{1}{4}$ Silicat von der Zusammensetzung



$$3MgO, FeO, Al_2O_3, 3HO, 2SiO_2.$$

Sein Wassergehalt ist in chemischer Bindung und beträgt 11 bis 12 %. Er dringt mit wurmförmigen Krystallen in die härtesten Gesteine, selbst den Quarz ein (Helminth); zuweilen tritt er sogar als felsbildend auf, wenn er vorhandene Gesteine verändert. Besonders entsteht er leicht durch Infiltration im Kalke.

Turmalin oder **Schörl** ist ein häufig als Einschluss vorkommendes Mineral, welches aus diesem Umstande Schlüsse auf die Entstehungsart des einschliessenden Gesteins gestattet. Die Zusammensetzung des Turmalins lässt sich in keine chemische Formel bringen. Er enthält immer ein Thonerdesilicat, Silicate von RO Basen und als nie fehlenden Bestandtheil eine gewisse Menge Borsäure. Man unterscheidet mehrere Arten.

Der Natronturmalin oder gemeine Schörl, grün und schwarz, enthält wechselnde Mengen von Natron, die auch theilweise durch Kali, Kalk, Bittererde, Mangan und Eisenoxydul ersetzt werden, gegen gleichbleibende Mengen Thonerde, Kieselsäure und Borsäure. Es ist dadurch nicht einmal die Sättigung der Basen durch die Kieselsäure constant, sondern vom einfachen Silicat beginnend in basische übergehend. Auf 8 At. Thonerde, 12 At. Kieselsäure, 1 At. Borsäure kommen 3, 6 und 8 At. Natron.

Im Magnesiaturmalin ist das Natron durch 4 oder 6 At. Bittererde vertreten bei gleichbleibenden Mengen der 3 andern Stoffe. Aber auch hier ist ein Theil Bittererde durch die andern Basen und ein Theil Thonerde durch Eisenoxyd ersetzt.

Der Lithionturmalin enthält an Stelle der ersten Basen eine ansehnliche Menge Lithion.

Der Borsäuregehalt geht von $3\frac{1}{2}$ bis 5 Procent. Obgleich der Turmalin ein sehr verbreitetes Mineral ist, so trägt er doch zum Bau von Gesteinen wenig bei.

Die Zusammensetzung des Turmalins, sein Verhalten zu Feuer, sein Vorkommen sprechen ganz für eine Bildung auf nassem Wege. In Cornwall erscheint er auf Gängen im Thonschiefer, ferner noch in Kalkspath, Quarz, in Hornfels eingeschlossen, überhaupt an Orten, wo keine Einwirkung von Feuer angenommen werden kann, wie in Klüften des Dolomits (am Gotthard), in Drusenräumen des Granits (Andreasberg) aufgewachsen auf Feldspath und Albit, aber späterer Entstehung als diese. Die ihn absetzenden Gewässer müssen die Bestandtheile aus den um-

gebenden Gesteinen entnommen haben. Der Turmalin ist leicht, selbst vor dem Löthrohr schmelzbar unter starkem Aufblähen und schmilzt endlich zu einer durchsichtigen Kugel von grüngelber Farbe. Das Aufblähen deutet eine Gasentwicklung an. Das Pulver wird von Salzsäure gar nicht angegriffen, von Schwefelsäure sehr wenig, nach dem Schmelzen wird er von starker Schwefelsäure fast ganz aufgeschlossen, theilt also diese Eigenschaft mit Granat, Idokras, jedoch nicht in so hohem Grade.

Glimmer. Dieses Mineral ist für den Mineralogen und Geologen eines der grössten Räthsel; für den ersten, weil er die Zusammensetzung nicht ermitteln kann, für den zweiten, weil er die Entstehung nicht sicher erklären kann. Der Glimmer ist kein Krystall und auch kein nach einer bestimmten Formel zusammengesetztes Mineral. Er hat eigentlich nur zwei Dimensionen, ein oben und unten, aber keine Seiten. Er ist ausgezeichnet durch den vollkommenen Parallelismus seines Oben und Unten, und durch die unendliche Spaltbarkeit in einer Richtung, parallel mit oben und unten. Dagegen ist seine Begränzung in der Längenrichtung unbestimmt. Dass man ihm die Form einer sechsseitigen Säule zugetheilt hat, mag sich in der Art erklären, dass Mineralien von dieser Gestalt in Glimmerform übergegangen sind. In diesem Falle sind die Lamellen verschoben, so dass die Seiten wie eine Treppe aussehen; in den meisten Fällen ist eine regelmässige seitliche Begränzung gar nicht vorhanden. Der Glimmer ist sehr biegsam und dadurch das am vollkommensten spaltbare Mineral, welches existirt. In dünnen Blättern lässt er sich rollen und mit einer Scheere schneiden wie Papier. Er ist durchsichtig, auf frischer Spaltungsfläche glänzend wie geschliffenes Spiegelglas. Dünne Blätter kann man falzen und mit dem Falzbeine glattstreichen und dann wieder öffnen, ohne dass die Falte abbricht. Er ist also zäh und nicht spröde; ferner ziemlich weich, ritzbar mit dem Nagel.

Die Analysen haben gar keinen Begriff über seine Zusammensetzung gegeben, und die Bemühungen aus ähnlichen Analysen eine rationelle Formel abzuleiten, sind ohne allen Erfolg geblieben.

Betrachtet man nun die Maxima und Minima, die sich aus den Analysen ergeben, so erkennt man leicht die Unmöglichkeit, dieselben in eine Formel zu bringen.

	Minimum.	Maximum.
Kieselsäure	36 %	71
Thonerde	6	38
Eisenoxyd und -oxydul	0	36
Bittererde	0	29
Kali	2	14
Lithion	0	5,7
Fluor	0	10,4

Daraus kann man nicht leicht einen Vers machen und die Bezeich-

nungen Kaliglimmer, Bittererdeglimmer, Lithionglimmer bedeuten nur einen vorzugsweisen Gehalt an diesen Stoffen. Der Glimmer ist also kein Mineral im Sinne der Chemie, sondern nur eine Cohäsionsform, welche sehr mannigfaltige Stoffe annehmen können. Die Glimmerarten sind ungleich schmelzbar, die Bittererde haltigen am schwierigsten, die Lithionglimmer am leichtesten. Einige enthalten Wasser, andere Fluorverbindungen, andere keines von beiden. Alle Glimmer sind ausgezeichnet durch ihre Unverwitterbarkeit; die atmosphärischen Einwirkungen gehen fast spurlos an ihnen vorüber. Der Wassergehalt kann nicht chemisch gebunden sein, theils wegen seiner Kleinheit, theils auch weil das Verhalten zu Säuren dagegen spricht und weil es nicht in allen vorkommt.

Magneteisen. Das Magneteisen ist eine Verbindung von gleichen Atomen Eisenoxydul und Oxyd, FeO, $Fe_2 O_3 = Fe_3 O_4$ und krystallisirt im regulären System als Octaeder, Granatoeder und deren Abkömmlingen. Es wirkt stark auf die Magnetnadel und kann auch selbst Magnet sein. Die grösseren Magneteisenkrystalle haben geologisch nicht die hohe Bedeutung, welche dem aufs feinste vertheilten Magneteisen zukommt. Als solches ist es im Basalt, Dolerit, Diorit und andern Schwarzsteinen enthalten und zwar im freien Zustande. Ausser der Wirkung auf ein astatisches Paar Magnetnadeln lässt er sich besonders leicht erkennen durch die Entfärbung, welche die schwarzen Gesteinsarten durch verdünnte Salzsäure erfahren. Man legt ganze Stücke des Gesteines in eine verdünnte Salzsäure und lässt sie längere Zeit darin liegen. Nach dem Auswaschen und Trocknen zeigt das Gestein eine viel lichtere Farbe als das ursprüngliche. Was jetzt noch von grüner Farbe übrig bleibt, erkennt man unter der Lupe als kleine Augitkrystalle. In der salzsauren Lösung findet sich Eisenchlorid und Chlorür. Das Magneteisen lässt sich, nach einer kürzlich von mir gefundenen Methode, am leichtesten durch Jodkalium bestimmen. Vermischt man das feine Pulver mit Jodkalium und Salzsäure in einem kleinen Gläschen, aus welchem man die Luft durch einige Körnchen doppelt kohlensaures Natron verdrängt, die man kurz vor dem Schliessen hinein wirft, so löst es sich nach 10 bis 12 Stunden vollständig in der Salzsäure auf und scheidet eine dem Eisenoxyd aequivalente Menge Jod aus. Diese wird dann mit Stärkelösung und Zehntel unterschwefligsaurem Natron*) gemessen. Zur Controlle der Methode wurde 0,2 Grm. feines Pulver von octaedrischen Magneteisen mit Jodkalium und Salzsäure behandelt, am andern Tage mit Wasser verdünnt und gemessen. Es wurden 17,3CC $\frac{1}{10}$ $S_2 O_2$, N_2O verbraucht. Magneteisen als Fe_3O_4 hat das Atomgewicht 116; 1CC Zehntelflüssigkeit entspricht also 0,0116 Grm. Fe_3O_4. Multiplicirt man nun obige 17,3CC mit 0,0116, so erhält man 0,20068 Grm. Magneteisen statt der angewendeten 0,200 Grm. Ebenso wurden 0,4

*) Vergl. Mohr, Lehrbuch der Titrirmethode. 2. Aufl. S. 272.

Grm. Magneteisen gelöst und beim Titriren = 34,2CC $\frac{1}{10}$ unterschwefligs. Natron gefunden. 34,2 mal 0,0116 geben 0,39904 Grm. statt 0,400 Grm., also in beiden Fällen sehr übereinstimmende Resultate. Es geht hieraus die Zusammensetzung des Magneteisens zu $Fe_3\,O_4$ hervor und die Reinheit der angewendeten Probe. Basalte, Diorite u a. behandelt man in ganz gleicher Weise, nur muss man mindestens 5 Grm. nehmen, und wegen des Gelatinirens anfänglich öfter umschütteln. Den sehr gut schliessenden Glasstopfen befestigt man mit einer Schraubenvorrichtung. Zur Bestimmung des Magneteisens in einem Basalte wurden 5 Gramme des feinen Pulvers mit Jodkalium und Salzsäure digerirt, und das freie Jod gebrauchte nachher 4,9 CC $\frac{1}{10}$ unterschwefligs. Natron. Diese entsprechen 0,05684 Grm. = 1,136 $\frac{0}{0}$ Magneteisen.

Titansäure ist wegen ihres seltenen und geringen Vorkommens geologisch unwichtig; sie gibt nur Veranlassung zu Betrachtung einiger analoger Eigenschaften der Kieselsäure. Die Titansäure ist ebenfalls eine sehr schwache Säure, aber doch noch mehr basischer Natur als die Kieselsäure, denn sie lässt sich nach vollständigem Austrocknen in niederer Temperatur wieder in Säuren auflösen, was Kieselsäure nicht thut, nur darf sie nicht warm geworden sein. Durch selbst schwaches Erhitzen wird sie in Säuren unlöslich. Ihre verdünnte salzsaure Lösung wird durch Kochen vollständig zersetzt; ebenso gibt sie mit Kali und Ammoniak einen Niederschlag von Titansäurehydrat. Durch Schmelzen mit doppelt schwefelsaurem Kali wird sie ebenfalls in kaltem Wasser löslich; allein auch diese Lösung wird durch Kochen gefällt. Die Titansäure kommt in 3 verschiedenen Krystallformen vor, d. h. sie ist trimorph. Dies verbreitetste Vorkommen ist der Rutil oder Titanschörl, von der Aehnlichkeit der Gestalt mit Turmalin. Er ist von röthlichbrauner Farbe, wie die künstlich bereitete und geglühte Titansäure. Diese Farbe rührt nicht von Eisengehalt her. Er verändert seine ganze Wesenheit im stärksten Porzellanfeuer nicht. Der Rutil ist die dichteste Titansäure; spec. Gew. nach H. Rose 4,253. Durch Glühen im Porzellanofen änderte sich das spec. und absolute Gewicht nicht. Krystallform tetragonal.

Der **Brookit** ist rhombisch krystallisirt und ebenfalls reine Titansäure. Das spec. Gewicht ist etwas geringer 4,131. Beim Glühen erhöht sich sein spec. Gewicht auf 4,192.

Der **Anatas**, tetragonal, aber mit andern Winkeln als der Rutil, äusserst selten, hat das geringste spec. Gew. 3,89, nach dem Pulvern 3,912, durch Glühen stieg das spec. Gewicht auf 4,196 und durch eine starke Weissglühhitze von Koaks wurde es 4,234. Wir sehen hierbei eine der Kieselsäure ganz entgegengesetzte Eigenschaft. Das specifische Gewicht wird durch Glühen bei den 2 leichteren Arten erhöht.

Der Rutil ändert durch Hitze sein spec. Gew. nicht; der Brookit geht durch starkes Glühen in das spec. Gew. des Rutils über, und der Anatas erst in das des Brookits, dann durch noch heftigeres Glühen in

das des Rutils. Dabei ändern sich die Formen gar nicht. Die künstlich durch Fällen mit Ammoniak dargestellte und geglühte Titansäure zeigt nach gelindem Glühen das spec. Gewicht des Anatas und je nach der Stärke des Glühens von 3,892 bis 3,965. Längeres Glühen in der Weingeistflamme wirkte wie kurzes heftiges Glühen. Durch das heftigste Feuer im Porzellanofen nahm sie das spec. Gew. 4,229 an, und im gepulverten Zustand 4,254; so dass sie also ganz dem Rutil gleichgekommen ist. Die Bildung dieser 3 Formen der Titansäure hat in der Natur immer nur auf nassem Wege statt gefunden, und zwar für Brookit und Anatas, weil sie sich im Feuer noch verändern, für Rutil aber sowohl nach seiner Lagerung und Anordnung zu andern Mineralien, als weil wir in der Natur für ihn weder ein schmelzflüssiges Lösungsmittel noch die zum Schmelzen erforderliche Hitze entfernt kennen. Der Rutil, mit seiner vollkommenen Unschmelzbarkeit, und seiner grossen chemischen Indifferenz dient uns als ein Beleg, dass auch solche Körper im Laufe der Zeit der Einwirkung der schwachen Affinitäten des Wassers nachgeben und krystallinische Gestalt annehmen. Das Titaneisen, Titanit, ist titansaures Eisenoxydul, FeO, TiO_2, mit wechselndem Gehalt an Titansäure von 10 bis 53 %.

Feldspathige Gesteine.

Hierhin gehören der Granit, Syenit, Feldsteinporphyr, Gneiss. Sie bestehen zum grössten Theile aus Orthoklas, ächtem Trisilicatfeldspath, mit vorwaltendem Quarz und eingeschlossenem Glimmer. Der Glimmer zeichnet sich durch einen besondern Bestandtheil, die Bittererde, aus, und ist gleichzeitig mit dem ganzen Gesteine entstanden, indem er den Bittererdegehalt der bildenden Flüssigkeit vereinigte und vermöge desselben auch die plattenförmige Absonderung annahm. Der Quarz ist seiner Stellung gemäss neben dem Feldspath entstanden. Während die Feldspathkrystalle vollständig sind, erscheint der Quarz zwischen ihnen ausgeschieden und sich dem noch übrigen Raume anbequemend. Quarz in Hohlräumen, Geoden, dürfte von späterer Entstehung sein. Wenn man ein Gestein quarzführend nennt, so versteht man darunter eine solche Ausscheidung, dass man sie nicht als nachherig ansehen kann.

Unter freier Kieselsäure versteht man hüttenmännisch oft diejenige Kieselerde, welche über den Gehalt des Trisilicates, also über 66 % hinausgeht. Im chemischen Sinne ist das nicht richtig. Wir nennen freie Kieselerde nur solche, welche auch räumlich getrennt ist. In diesem Sinne gibt es keine freie Kieselerde bei Hüttenoperationen. Die im Bimmstein oft bis zu 72 % gehende Kieselerde kann darum nicht

freie genannt werden, weil sie mit einem Trisilicat eingeschmolzen ist; sonst würden wir auch im schwerschmelzbaren Glase freie Kieselerde annehmen müssen.

Man kann die Gemengtheile der Granite nicht mechanisch sondern und auch nicht chemisch trennen. Es bleibt also nichts übrig als den Granit als Ganzes zu stossen und zu analysiren. Aus dem procentischen Resultate der Analyse kann man die Gemengtheile auch nur mit gewissen Unterstellungen berechnen. Den Bittererdegehalt theilt man dem Glimmer zu, und ist in solchen Magnesiaglimmern das Maximum der Bittererde zu 25, das Minimum zu 10 $\frac{0}{0}$ gefunden worden. Kali, Thonerde, Kieselsäure sind dem Glimmer und Feldspath gemein, und es bleibt deshalb nur die Bittererde übrig, um den Glimmerantheil zu berechnen. Der Quarz wird aus dem Ueberschusse der Kieselerde über den Gehalt des Feldspathes gefunden. Unter diesen Annahmen sind eine Anzahl Analysen von Graniten berechnet worden und haben ergeben:

Feldspath von 61 bis 72 $\frac{0}{0}$; Quarz 15 bis 30 $\frac{0}{0}$; Glimmer 2 bis 8 $\frac{0}{0}$. Genauere Zahlenangaben haben keinen Werth, da diese Verhältnisse sehr wechselnd und ganz zufällig sind. Es gibt Granite, die fast ganz aus Feldspath bestehen und deren Kieselerdegehalt nicht einmal ganz an den Orthoklas reicht.

Eine schöne Reihe von Granitanalysen rührt von Streng*) her.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO_2	74,49	71,97	76,81	69,25	68,35	71,92	72,29	73,96	73,30
Al_2O_3	12,72	12,95	12,84	16,37	17,86	15,67	12,95	14,99	15,85
FeO	2,63	4,59	1,27	4,30	2,40	1,82	5,58	1,74	1,56
MnO	0,58	0,39	0,31	0,03	0,85	0,09	0,10	0,20	0,27
CaO	2,44	2,04	1,21	3,06	3,12	1,44	1,83	1,80	1,28
MgO	0,28	0,36	0,14	0,83	0,85	0,59	0,48	0,35	0,35
KO	4,21	4,81	4,95	2,87	2,99	6,43	4,90	4,36	5,08
NaO	2,65	2,89	2,47	3,29	3,58	2,04	1,87	2,60	2,31

1. Grobkörniger Granit von Strigau (Schlesien.)
2. Feinkörniger Granit von Strigau („)
3. Granit von der kleinen Sturmhaube („)
4. „ vom Meerauge im Fischseethale (Karpathen.)
5. „ „ kleinen Kohlbachthale („)
6. „ „ Völkerthal. („)
7. „ „ Holzemmenthal (Harz.)
8. „ von der Plessburg („)
9. „ „ Heidelberg.

Alle diese Granite enthielten von 0,43 bis nahe 1 $\frac{0}{0}$ in Poren eingeschlossenes Wasser, welches aus der Analyse weggelassen ist. Der Kieselerdegehalt übertrifft in allen obigen Fällen den Feldspath allein,

*) Pogg. 90,122.

und die kleinere Menge Alkali gegen Feldspath beweist die Gegenwart von freier Kieselerde. Ziemlich ansehnlich ist der Kalkgehalt und seine Unterbringung unsicher, ob zum Glimmer oder als Kalkrest von der Feldspathmetamorphose.

Eine grosse Anzahl Granite wurden von Delesse*) analysirt und ergaben ähnliche Resultate. Kieselerde von 60 bis 76 %, Thonerde 15 bis 20 % und Glühverluste von 1 bis 2,9 %.

Der Granit des Montblanc, überflüssiger Weise Protogyn genannt, enthält 73,13 % SiO_2; 12,49 % Al_2O_3; 2,58 % FeO; 2,40 % CaO; 0,27 % MgO; 4,13 % KO; 2,61 % NaO und 0,53 % SiO.

Der **Syenit** ist ein krystallinisches Gemenge von Orthoklas und Hornblende in sehr wechselnden Verhältnissen. Bei sehr zurückgedrängter Hornblende ist er dem Granit fast gleich zu stellen. Der Syenit von Blansko enthält ausserdem noch Quarz und Magnesiaglimmer. Die Analyse von Streng**) ergab 62,67 % SiO_2; 13,79 % Al_2O_3 und einen Glühverlust von nahe 1 %. Der Syenit muss in seiner Entstehung ganz mit dem Granit übereinstimmen und setzt nur eine etwas mehr Eisenoxydul enthaltende Flüssigkeit voraus.

Die Feldsteinporphyre kommen in der Gesammtmischung ganz mit Granit überein, enthalten jedoch keine deutlich ausgeschiedene Krystalle und Einschlüsse, dagegen geben sie Glühverluste und einige von der Nahe enthalten auch Carbonate ohne Verwitterung. Der Porphyr von Kreuznach enthält 70,5 % SiO_2; 13,5 % Al_2lO_3; 5,5 % KO; 3,55 % NaO eine Spur Chlor und 0,77 % Wasser; andere Porphyre von Freiburg (68,56 % SiO_2), von Halle (70 bis 76 % SiO_2) stimmen im Ganzen damit überein.

Die Granulite oder Weisssteine sind feinkörnige Granite mit Quarz und Granaten; letztere sind unwesentlich, zufällig, und kommen auch in andern Graniten vor.

Der **Gneiss** kömmt mit dem Granit seiner Zusammensetzung nach überein, da er wesentlich aus Orthoklas, Quarz und Glimmer besteht, und unterscheidet sich nur durch körnig-schiefrige oder flasrige Structur und deutliche Schichtung. Er hat meist verschiedene weisse oder lichtgraue, gelbe oder rothe Farben, ist immer in krystallinischen Körnern ausgebildet, und durch seine glatten, perlmutterglänzenden Spaltungsflächen von dem bisweilen gleichfarbigen Quarze zu unterscheiden. Der Quarz erscheint in der Regel graulichweiss oder lichtgrau gefärbt, er ist mit dem Feldspathe zu einem körnigen Aggregate verbunden. Der Glimmer kommt von verschiedenen, jedoch gewöhnlich grauen, braunen und schwarzen Farben vor und ist sowohl Kali- als Magnesiaglimmer.

Ueber die Zusammensetzung des Gneisses im sächsischen Erzgebirge

*) Kopp und Liebig Jahresbericht 1852, 933.

**) Pogg. 90,135.

besitzen wir eine sehr gute Untersuchung von Theodor Scheerer (Annal. der Chem. u. Pharm. 126,1). Die Analyse ist folgende:

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	HO
65,32	0,87	14,77	3,33	3,08	0,14	2,51	2,04	4,78	1,99	1,01

Er besteht aus Quarz, Glimmer und Orthoklas. Der geringe Procentgehalt des Glimmers bewirkt, dass in der Analyse des Ganzen der Kieselerdegehalt nicht über jenen des Feldspathes allein geht, trotz der freien Kieselerde. Der Versuch Scheerer's, die näheren Bestandtheile des Gneisses nach Atomen (10 At. Quarz, 3 At. Orthoklas, 1 At. Glimmer) festzustellen, hat keine grössere Berechtigung, als wenn man in einem Pudding die Rosinen und Pflaumen ebenfalls nach Atomen angeben wollte. Der constante Wassergehalt von nahe 1 $\frac{0}{0}$ wird von Scheerer zugegeben, aber in seinem Sinne erklärt. Es wird darüber an einer andern Stelle gesprochen werden. Der Glimmer wird im Gneiss theilweise und gänzlich durch Talk und Chlorit vertreten, was bei den metamorphischen Gesteinen zur Sprache kommen wird. Auch erscheint neben dem Glimmer Hornblende, oder den Glimmer ganz verdrängend, wo dann der Name Hornblendegneiss eintritt. Ausser den genannten Mineralien kommen noch Granat, Turmalin, Epidot als Pistacit, Cordierit, Eisenkies, Magneteisen, Korund, Beryll, Apatit, Zirkon, Disthen, Rutil, Titanit u. a. im Gneisse vor, was ebenso viele Belege für die Art seiner Entstehung sind.

Die Perlsteine bilden eigenthümliche Felsmassen, welche aus Körnern und kleinen Krystallen zusammengesetzt sind. Sie enthalten selten Körner von glasigem Feldspath und Glimmer, dagegen häufig viel überschüssigen Quarz, der jedoch nicht als solcher zu erkennen ist. Sie stehen hoch im Kieselerdegehalt (70—79 $\frac{0}{0}$) und verhältnissmässig schwach im Alkaligehalt (4 $\frac{0}{0}$) und enthalten auch Wasser bis zu 4,5 $\frac{0}{0}$.

Die Pechsteine mit fast verschwindender Körnung sind noch schwächer im Alkali (2 bis 3 $\frac{0}{0}$) und enthalten 8—9 $\frac{0}{0}$ Wasser. Sie können ebenso wenig, wie die Perlsteine, zu den rein feldspathigen Gesteinen gerechnet werden, da sie wesentlich aus kieselsaurer Thonerde bestehen. Es findet durch dieselben der Uebergang der feldspathigen Gesteine in reinen Quarz statt, der sowohl als mächtiger Gang, wie auch als Gebirge auftritt.

Die Feldsteinporphyre der Nahegegend sind ebenfalls solche stark an den Quarz anstreifende Bildungen.

Feldspath-augitische Gesteine.

(Grünsteine, Trappe, Basalte.)

Hierhin gehören alle eisenoxydulhaltige Silicatgesteine von der mannigfaltigsten Zusammensetzung. Einerseits enthalten sie ächten Feldspath oder einen, welcher durch geringeren Kieselerdegehalt sich von dem ächten Feldspath unterscheidet, Oligoklas oder Labrador, andererseits einen augitartigen Bestandtheil, Augit, Hornblende, Diallag. Aus den verschiedenartigsten Gemengen dieser Bestandtheile entsteht eine sehr grosse Mannigfaltigkeit von Gesteinen, deren Gränzen gar nicht scharf bestimmt werden können. Von den kleinsten Spuren des Eisenoxydulsilicats inmitten einer übermächtigen Feldspathmenge, bis zum vollkommenen Verdrängen des Feldspathes, kann man viele Gesteine entweder zu den feldspathigen oder den augitischen Gesteinen rechnen. Im Syenit tritt die Hornblende oft nur in sehr kleinen Mengen auf, nimmt dann zu bis zur starken Färbung und geht in dem Hornblendegestein fast ganz in Hornblende über. Dazu kommt noch die Schwierigkeit, dass die beiden Bestandtheile nicht getrennt analysirt werden können, weil beide in Säuren nicht ganz zersetzbar sind, und auch keiner den Säuren vollkommen widersteht, so dass man in den meisten Fällen nur eine Analyse im Ganzen machen kann. Allein diese genügt auch vollständig und gibt schon durch den procentischen Gehalt an Kieselsäure eine Andeutung über die Beschaffenheit der Zusammensetzung. Erwägt man, dass die Zusammensetzung des Gesteins oft schon nach dem blosem Anblick auf kleinen Entfernungen wechselt, dass also die Analyse nur für das in Arbeit genommene Stück und nicht für ein mehrere Fuss davon liegendes gilt, so ist man eher über das Unzulängliche der Analyse beruhigt. Wären diese Gesteine nicht so schwierig zu verkleinern, und die Chemiker zu den dazu nöthigen Arbeiten besser eingerichtet, so könnte man eine Durchschnittsanalyse machen, wie man sie hüttenmännisch von Eisenerzen und Braunstein macht. Man müsste gleich grosse Stücke von verschiedenen Stellen haufenweise zusammenlegen, dann mit dem Hammer zu gleichgrossen Stücken wie Chausseebewurf verkleinern, diese untereinander mischen, und davon etwa die Hälfte ausscheiden, den Stoff wieder verkleinern, mischen, und wieder die Hälfte ausscheiden, so dass zuletzt nur einige Lothe eines groben Pulvers übrig blieben. Aus diesen würde man das feine Pulver darstellen, was zur Analyse genommen würde. Bunsen hat 16 Analysen von Trachyten und 12 von Augitgesteinen angestellt, um die normaltrachytische und normalpyroxenische Zusammensetzung festzustellen und es unterliegt keinem Zweifel, dass zwei Analysen statt der 28 genau dasselbe Resultat geliefert haben würden. Die Chemiker haben einen

berechtigten Widerwillen gegen das Zusammenwerfen verschiedener Proben, weil ihnen immer der Begriff der chemischen Verbindung nach Proportionen vorschwebt. Allein ein solches Resultat kann hier doch nicht gewonnen werden, wo schon im kleinsten Stücke die Mengung der beiden Bestandtheile nicht nach Proportionen stattfindet.

Zu den hierher gehörigen Gesteinen kann man die folgenden rechnen:

Diorit, Amphibolit, aus gemeiner Hornblende von grüner und grünlichschwarzer Farbe, Albit und Quarz bestehend, in körniger, schiefriger Structur; als Unterabtheilung der Strahlsteinschiefer (Aktinolithschiefer), der Kugeldiorit, und der Dioritporphyr, welcher letzterer, wie alle Porphyre, durch den Gegensatz einer dichten Grundmasse und der darin eingewachsenen Krystalle bezeichnet.

Dolerit, ein krystallinisch körniges Gemenge von Labrador, Augit und (titanhaltigem) Magneteisen. Mit etwas feinerem Korn wird er auch Anamesit genannt und geht bis zum feinsten Korn in

Basalt über, ebenfalls ein Gemenge von Labrador, Augit und Magneteisen, meist in Säulenform gespalten.

Melaphyr oder Schwarzstein, aus der letzten Sylbe von Porphyr und dem Worte μέλας, schwarz, gebildet, schliesst eigentlich die oben genannten Gesteine und noch andere von derselben Farbe ein, und wurde von Brogniart eingeführt, um die schwarzgefärbten Trappe zu bezeichnen. In diesem Sinne kann man es wohl gebrauchen, indem es alle durch Eisenoxydulverbindungen gefärbten Gesteine umfasst. Man theilt den Namen häufig Gesteinen zu, die ganz zu Basalt gerechnet werden können, denen aber die Säulenform fehlt. Vielfach enthalten diese Gesteine kohlensaures Eisenoxydul und kohlensauren Kalk, der aber auch in vielen Basalten und Doleriten enthalten ist.

Gabbro besteht aus Labrador, Saussurit und Diallag; Hypersthenfels oder Hyperit aus Hypersthen und Labrador. Dazu kommen noch eine grosse Anzahl petrographisch unterschiedener Gesteine, deren Beschreibung uns zu viel Raum wegnehmen würde, und die uns auch dem Ziele ihrer Bildungsgeschichte nicht näher bringen würde.

Alle hier genannten Gesteine bilden einerseits mit dem Granit und andererseits mit den Klingsteinen eine ununterbrochene Reihe, welche mit den kleinsten Abstufungen in Structur, Farbe, Gehalt fortschreitet, so dass man bei vielen ganz unsicher ist, ob man sie der einen oder andern Abtheilung zutheilen soll. Daher kömmt es auch, dass dasselbe Gestein oft von verschiedenen Forschern mit ganz verschiedenen Namen belegt wird. Nur eins steht fest: alle diese Gesteine müssen dieselbe Entstehungsart haben, und was von dem einen bewiesen ist, gilt von allen.

Die Zusammensetzung der Basalte, Melaphyre und Dolerite ergibt sich aus den folgenden Analysen:

Basalt von	SiO_2	Al_2O_3	FeO	Fe_2O_3	CaO	MgO	NaO	KO	HO
Meissner	52,96	16,46	5,32	2,82	8,79	9,32	3,60	1,19	
Kammerbühl	43,4	12,20	12,1	3,50	11,30	9,10	2,7	0,8	4,4
Ders. etwas zersetzt	43,0	13,90	8,3	5,40	12,10	7,30	0,5		9,5
Ders. noch mehr zers.	42,5	17,90	„	11,5	2,5	3,30	0,2		20,4
Von Stolpen	45,52	17,72	7,17	7,69	11,15	6,04	3,08	1,63	„
Wickenstein	44,90	18,71	9,09	„	12,90	7,14	6,58	0,68	„

Bei den meisten Analysen ist der Kieselerdegehalt zu niedrig, um eine Zusammensetzung aus Augit und Labrador zu gestatten, und wenn bei der Analyse nicht ein durch die Magnetnadel nachgewiesener Gehalt an Magneteisen vorhanden war, so lässt sich eine solche Zusammensetzung gar nicht annehmen.

Von Melaphyren mögen die folgenden hier erwähnt werden.

Melaphyr	SiO_2	Al_2O_3	FeO	Fe_3O_4	CaO	MgO	NaO	KO	HO	CO_2, CaO	CO_2, FeO
Schaumberg	49,29	22,34	0,33	4,28	9,79	0,64	3,35	0,02	0,75	1,3	7,84
Martinsstein b. Kirn	50,76	22,47	0,04	6,26	10,26	0,68	3,05	0,12	0,75	2,0	3,75
Giromagny (Vogesen)	49,82	27,25			7,31	10,93			2,20		
Dolerite											
Fifeshire	45,2	14,40	14,00		12,70	6,55	5,22	„	2,40		
Island	51,4	12,28	16,34		9,33	5,83	1,73		1,56		
Meissner	47,75	18,87	1,12	8,93	7,77	1,25	2,63			2,72	8,57

Man ersieht aus diesen Analysen, dass diese 3 Gesteinarten, Basalt, Melaphyr, Dolerit so vollständig durcheinander laufen, dass man sie nicht mit Sicherheit nach der Analyse trennen kann. Fast alle enthalten Magneteisen, andere säulenförmig ausgesprochene Basalte enthalten kohlensaures Eisenoxydul und kohlensauren Kalk, wie die Melaphyre.

Eine intressante Reihe von Analysen ist von Streng*) mitgetheilt worden, aus denen noch hier einige merkwürdige Vorkommnisse folgen:

*) Pogg. 90,103.

Vorkommen	SiO_2	Al_2O_3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO
Trapp von Island	49,40	14,42	16,27	10,34	5,86	0,34	2,28	2,41
Zeolitischer Mandelstein von Island	46,65	14,66	14,61	8,85	6,88	1,57	1,44	6,76
Giants causeway	52,13	14,87	11,40	10,56	6,46	0,69	2,60	1,19
Fingalshöhle	47,80	14,80	13,08	12,89	6,84	0,86	2,48	1,41

Die Aehnlichkeit der beiden ersten Analysen zeigt, dass der äussere Unterschied als Trapp und Mandelstein in diesen Gesteinen nicht durch die Zusammensetzung bestätigt wird, und dass die Namen meistens auf den äusseren Anschein der Form und Absonderung gegeben sind. In diesen letzten Analysen ist alles Eisen als Oxydul berechnet, was offenbar nicht der Zusammensetzung entspricht.

Eine besondere Besprechung erfordern an dieser Stelle die Trachyte, theils wegen ihrer Zusammensetzung, theils wegen ihrer Entstehungsart. Man versteht darunter gewisse feldspathige Gesteine, die noch häufig Beimengungen von Hornblende und Augiten haben, sich aber durch eine gemeinschaftliche Eigenschaft, nämlich eine gewisse Porosität auszeichnen. Alle ächte natürliche Silicatgesteine sind vollkommen dicht und lassen kein Wasser eindringen. Nur die Trachyte machen eine Ausnahme, und leiten von dieser Eigenschaft ihren Namen (von τραχύς, rauh) ab. Wir müssen also darauf halten, diesen Namen nur solchen Gesteinen zukommen zu lassen, welche diese Eigenschaft besitzen, ganz unabhängig von ihrer Zusammensetzung.

Die Trachyte zeigen häufig einen Feldspath, ächten Trisilicat-Feldspath, der mit dem Namen Sanidin allgemein bezeichnet wird, oder auch als glasiger Feldspath, was jedoch in den wenigsten Fällen richtig ist. Seine Zusammensetzung ergibt sich aus folgenden Analysen:

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	KO	NaO
1)	67,48	18,75	0,60	1,01	„	8,11	4,05
2)	65,84	17,61	0,74	0,18	0,06	14,39	1,18
3)	67,25	18,92	1,25	0,35	0,03	7,60	4,60.

Nr. 1 ist von Drachenfels im Siebengebirge, Nr. 2 von Rockeskyll in der Eifel, Nr. 3 von Ischia.

Analysen ganzer Trachyte sind die folgenden:

	Drachenfels	Wolkenburg	Berkum	Kühlsbrunnen
SiO_2	67,09	62,38	72,26	64,21
Al_2O_3	15,63	16,88	13,77	16,98
Fe_2O_3	4,59	7,33	2,72	6,69
CaO	2,25	3,49	0,22	0,49
MgO	0,97	0,82	0,20	0,18
KO	3,56	2,94	4,32	4,41
NaO	5,07	4,42	6,56	5,13
HO	0,45	0,87	0,46	1,00

Die Trachyte der Eifel stehen ziemlich niedrig im Kieselerdegehalt, ebenso die von Teneriffa zwischen 57 bis 60 %, dagegen gehen die Trachyte von Island weit höher von 60 bis 80 %. Die Zusammensetzung wechselt an demselben Berge; so zeigen drei Analysen des Trachyts vom Baulaberg in Island 66, 67 und 74,77 % Kieselerde. Eine Reihe von Kieselerdebestimmungen findet sich in Preyer und Zirkel's Reise nach Island, S. 282, und darunter ist der am höchsten stehende Trachyt jener von der Krafla mit 80,23 %. Abich hat für diese Gesteine den Namen Trachydolerit vorgeschlagen, der aber aus inneren Gründen nicht ganz zutreffend ist. Es bestehen nämlich diese Trachyte aus Quarz, Feldspath, Augit und Magneteisen, und unterscheiden sich vom Dolerit durch den Mangel eines basischen Feldspathes und die überschüssige Kieselerde, welche in keinem Dolerit vorkommt. Dagegen können sie den Namen Trachyt wegen ihrer Porosität und ihres Trisilicat-Feldspathes führen.

Da sich feldspathige und augitische Mineralien nicht durch Analyse scheiden lassen, so hat Bunsen*) gesucht aus dem Gehalte an Kieselerde annähernd die Gemengtheile der Silicate zu ermitteln. Aus einer grossen Anzahl rein trachytischer und rein augitischer Gesteine ist das arithmetische Mittel genommen, und als Zusammensetzung der normaltrachytischen und normalaugitischen angenommen worden.

Es waren folgende Zahlen erhalten worden:

	Normaltrachytische Zusammensetzung:	Normalaugitische Zusammensetzung:
SiO_2	76,67	48,47
Al_2O_3, FeO	14,23	30,16
CaO	1,44	11,87
MgO	0,28	6,89
KO	3,20	0,65
NaO	4,18	1,96
	100,00	100,00.

In der Formel $\alpha = \frac{s - S}{S - \sigma}$ bezeichnet α die Menge des augitischen Gesteins, welche mit 1 Gewichtstheil des normaltrachytischen gemischt ist, um das fragliche Mischlingsgestein zu erhalten. s ist der Procentgehalt an Kieselerde im trachytischen Gestein, also 0,7667; σ ist dasselbe für den augitischen Antheil, also 0,4847 und S ist der durch Analyse ermittelte Procentgehalt des Mischlingsgesteins an Kieselerde. Ein aus gleichen Theilen beider Silicate bestehendes Mischlingsgestein würde einen Procentgehalt von $\frac{0,7667 + 0,4847}{2} = 0,6257$ haben, und nach der Formel würde $\alpha = \frac{0,7667 - 0,6257}{0,6257 - 0,4847} = \frac{0,1410}{0,1410} = 1$ sein,

*) Pogg. 83,205.

d. h. 1 Theil Augit würde mit 1 Theil Trachyt verbunden sein, wie vorausgesetzt war.

Die Berechnung ist zuverlässig, wenn die Grundlagen zuverlässig sind. Die von Bunsen untersuchten isländischen Trachyte hatten eine so gleiche Zusammensetzung, dass sie in dem Kieselerdegehalt nicht um 1 % von einander abwichen. Da der Feldspath nur 64,6 % und der Albit nur 69 % Kieselerde enthält, so würden die gemengten Feldspathe der Trachyte an 65 bis 66 % Kieselerde enthalten können. Bei dem normalen Gehalte von 76,67 % Kieselerde in den Isländischen Trachyten haben wir es offenbar mit quarzführenden zu thun, um den Ueberschuss von 10 % über das Trisilicat, die höchste Kieselungsstufe, zu erklären. Ein solches Verhältniss, welches ausser jeder chemischen Verbindung liegt, ist rein zufällig, und die Erfahrung zeigt auch, dass viele Abweichungen davon stattfinden.

Der Trachyt von Berkum enthält 72,26 %, der vom Drachenfels 67,09 %, vom Kühlsbrunnen 64,21 %, von der Wolkenburg 62,38 %, vom Selberg in der Eifel 57,46 %, von Srezawnica (Pogg. 90,117) 57,29 %, vom Berge Hrau bei Banow 55,63 %, von Wissegrad 60,27 %. Auf alle diese Fälle lässt sich die Bunsen'sche Formel nicht anwenden, ja es folgt vielmehr, dass es keine normaltrachytische Zusammensetzung gibt, sondern dass die Zusammensetzung nach den jeweiligen Verhältnissen wechselt.

Die normalaugitische Zusammensetzung mit 48,47 % Kieselerde entspricht nicht einmal dem Kieselerdegehalt des reinen Augits, welcher bei eisenarmen Augiten 54 %, bei eisenreichen 47 bis 50 % Kieselerde beträgt. Es enthalten aber diese Gesteine immer einen Feldspath, welcher noch höher in Kieselerde steht, und man kann deshalb diese Zusammensetzung kaum begreifen, wenn man nicht die Gegenwart eines kieselerdeärmeren Silicats, etwa Nephelin mit 42 % Kieselerde, noch hinzunimmt. Auch am Siebengebirge kommen eine Anzahl Fälle vor, wo man ohne diese Annahme den Procentgehalt an Kieselerde nicht deuten kann.

Alle Gesteine, welche aus einem Gemenge von Feldspath und einem Eisenoxydulsilicat bestehen, zeigen auf feinem Schliffe die schwarzen Krystalle der Augite in einem weissen Feldspathe eingebettet. Schmilzt man dieselben im Platintiegel oder auf dem Platindraht vor dem Knallgasgebläse, so zeigen die Schliffe nachher keine Spur mehr von verschiedenartigen Mineralien, sondern das Ganze bildet eine graue, gleichmässige Masse.

In diese Gruppe von Gesteinen gehören auch die häufig mit dem Namen Grünsteine und Trappe bezeichneten Felsarten. Zu den ersten rechnet man die der Farbe nach dahin gehörigen Gebilde, in denen Diabas, der selbst eine Art Augit ist, stark vertreten ist; unter Trappen versteht man alle Schwarzsteine, und wenn man will, den Basalt mit eingerechnet. Man kann eine oder die andere Bezeichnung entbehren.

Feldspath-zeolithische Gesteine, Phonolithe.

Die Phonolithe, Klingsteine, sind krystallinische Gemenge von einem Zeolith und einem Feldspath. Die Arten der einzelnen Bestandtheile ändern wesentlich nichts: Entstehung und Bildung bleiben dieselben. Der Zeolith ist wasserhaltig oder wasserfrei und leicht aufschliessbar durch Säuren; als Feldspath sind Orthoklas, Oligoklas und Albit erkannt worden. Der Wassergehalt der Zeolithe ist chemisch gebunden, also in ganz anderer Form vorhanden als im Melaphyr, Basalt, Dolerit, Gneiss und andern Gesteinen. Die Zeolithe sind basischere Verbindungen als Feldspath und Augit, und aus diesem Grunde leicht durch Säuren zersetzbar. Dies bietet dem Chemiker ein Mittel an die Hand, die beiden Bestandtheile zu trennen und getrennt zu analysiren. Wird nämlich das feingepulverte Mineral mit starker Salzsäure digerirt, so zersetzt sich der zeolithische Bestandtheil und scheidet, je nach seiner Natur, entweder gallertartige oder sandige amorphe Kieselsäure aus. Hat man erst alles in Säure lösliche durch Wasser entfernt, so kann man die ausgeschiedene Kieselsäure durch kochendes kohlensaures Natron aufnehmen und durch Filtration von dem feldspathigen Bestandtheil trennen. Dieser letztere kann nun besonders analysirt werden, indem man ihn mit kohlensaurem Natron aufschliesst, und eine andere Portion, um die Alkalien zu bestimmen, nach einer der bekannten analytischen Methoden behandelt. Diese Methode der Analyse ist von Chr. Gmelin*), weiland in Tübingen, entdeckt worden. Leider ist sie auf die Schwarzsteine nicht anwendbar, weil hier beide Bestandtheile in Säuren unlöslich sind. Uebrigens gibt diese Analyse keine ganz scharfen Resultate, weil auch reine Feldspathe durch Säuren zum Theil zersetzt werden und 6 bis 7 % des Gewichts an diese abgeben.

Die Verhältnisse des zeolitischen und feldspathigen Antheils sind sehr mannigfaltig. So fanden sich im Phonolith

	an zeolithigem Bestandtheil	an feldspathigem Bestandtheil
1) von Hohenkrähen im Hegau	55,13 %	44,87 %
2) von der Pferdekuppe auf der Rhön	18,59 -	81,41 -
3) von Abstrode	15,84 -	84,16 -
4) ebend., verwittert	4,21 -	95,79 -
5) von Ebersberg auf der Rhön	19,07 -	80,93 -
6) von Marienberg bei Aussig	37,47 -	62,53 -
7) von Whisterschan bei Teplitz	48,97 -	51,03 -
8) vom Teplitzer Schlossberg	29,41 -	70,59 -

*) Pogg. Ann. 14,357.

Aus dem Vergleich von 3 und 4 erkennt man leicht, dass der zeolithische Bestandtheil am meisten der Verwitterung unterworfen ist, was auch sehr natürlich erscheint. Zahlreiche Analysen beider Bestandtheile finden sich in Bischof's Geologie 1. Aufl. II, S. 2142 u. flgd. gesammelt. Es geht daraus hervor, dass der Kieselsäuregehalt des zeolithischen Bestandtheils im Durchschnitt 42 bis 44 % beträgt, der des feldspathigen 61 bis 66 %. Daraus erklärt sich die ungleiche Zersetzbarkeit von selbst. Der zeolithische Bestandtheil ist wesentlich Natrolith, oder Natronmesotyp, NaO, Al_2O_3, $3SiO_2 + 2Aq$, und durch einen Kalkgehalt gibt sich zuweilen auch der Mesolith zu erkennen, der ein Gemenge von Natronmesotyp und Kalkmesotyp (Skolecit = CaO, Al_2O_3, $3SiO_2 + 3$ Aq.) ist. Der Wassergehalt ist bei

Nr. 1) 5,79 %; bei 2) 7,21 %; bei 3) 4,21 %; bei 5) 7,62 %; bei 6) 13,33 %; bei 7) 6,56 %; bei 8) 9,33 %, allso in allen Fällen weit bedeutender, als bei den wasserleeren Silicaten, welche das Wasser nur zufällig und in Poren eingeschlossen enthalten.

Der feldspathige Antheil enthält Kieselsäure von 61 bis 66 % und Kali und Natron meistens gemeinschaftlich. Der Sauerstoffquotient der Basen zu dem der Kieselsäure ist in einzelnen Fällen 0,333, welches das Verhältniss des reinen Feldspathes ist, in den meisten sehr nahe daran. Bei einigen waltet Kali, bei andern Natron vor, und die Summe beider geht von 9 bis 17 %. Chemischer Wassergehalt ist nicht vorhanden, und es liegt also ein ganz ächter Feldspath vor, der je nach dem Kieselsäureverhältniss Ortho- und Oligoklas ist.

Es wird vermuthet, dass der zeolithische Bestandtheil nicht ein einziger sei, sondern aus zweien oder noch mehreren bestehe. Dies ist ganz gut denkbar, ändert aber auch nichts an der Sache, indem die Natur des Zeolithes von dem Gehalt der stoffführenden Flüssigkeit abhängig ist. Diese wird sich je nach Bedürfniss in chemische Verbindungen von bestimmter Zusammensetzung trennen, wie wir uns auch die Bildung der verschiedenen Feldspathe mit- und ineinander denken müssen.

Die gleichzeitige Bildung eines wasserhaltigen Zeolithes mit einem wasserfreien Feldspath ist im höchsten Grad sprechend für die Entstehungsart beider. Ein wasserhaltiger Zeolith kann niemals geglüht gewesen sein, denn mit dem Wassergehalt verliert er die Eigenschaft durch Säuren unter Gallertbildung zersetzbar zu sein. Nun besitzen aber die natürlichen Phonolithe noch ihren Wassergehalt und ihre Aufschliessbarkeit durch Säuren, ergo etc.

Die ächten Phonolithe bestehen aus so innigen und feinkörnigen Gemengen von ihren beiden Bestandtheilen, so dass diese nothwendig zu gleicher Zeit und unter ganz gleichen Verhältnissen gebildet worden sein müssen. Nicht selten findet sich reiner Natrolith ausgeschieden darin; dieser kann wohl nur als eine nachherige Bildung aus dem be-

reits fertigen Phonolith angesehen werden, wie auch Spalten im Kalkstein durch Kalkspath zuletzt gefüllt werden.

Die Schwierigkeit, den Wassergehalt in sogenannten plutonischen Gesteinen zu erklären, wofür man auch die Phonolithe wegen ihres Antheils von Feldspath halten zu müssen glaubte, hat auch schon Anhängern der alten Schule eingeleuchtet, und man hat geglaubt, dieselbe durch Versuche zu erklären. Allein diese Schwierigkeit existirt eigentlich gar nicht, und besteht blos darin, dass man dem Phonolith eine falsche Entstehungsart angedichtet hat. Statt die Entstehung nach den Eigenschaften des Phonoliths zu erklären, hat man eine bestimmte Entstehungsart ohne den mindesten Beweis als gegeben aufgestellt, und dann die Erklärung der Eigenschaften trotz dieser Entstehungsart nachher gesucht. Bei genauer Prüfung der Zusammensetzung der Phonolithe hätte man die vorher ohne diese Kenntnisse gefasste Ansicht ganz einfach als damit unvereinbar verwerfen müssen.

Um die Möglichkeit der Bildung wasserhaltiger Silicate in höherer Temperatur zu beweisen, stellte Bunsen*) folgenden Versuch an: er trug ein feingepulvertes Gemenge von 0,2 Thl. Kalk, 1,0 Thl. Kieselsäure in 9 Thl. Aetzkali, welches in einer silbernen Schale geschmolzen war, ein, und liess das einige Zeit rothgeglühte Gemenge langsam erkalten. Nach dem Auflösen in Wasser fand er ein Netzwerk von 4 bis 5 Linien langen prismatischen Krystallen, welche gewässerter einfach kieselsaurer Kalk, $3CaO, SiO_2 + Xaq.$, (mindestens 5 At. HO) gemengt mit etwas kohlensaurem Kalk waren. Diese Krystalle enthielten 46,5 % Wasser, wovon bei 109° C. schon 36,915 Theile entwichen, die übrigen 9,508 Theile beim Glühen. Dieser Versuch beweist gerade das Gegentheil von dem, was er beweisen soll. Er soll zeigen, dass gewisse wasserhaltige Verbindungen die Glühhitze ohne Wasserverlust vertragen können; allein dazu gehört ein umhüllender Stoff, welcher selbst das Wasser bei Rothglühhitze festhält, wie das Kalihydrat. Wird dieses nur kohlensauer, so entsteht kohlensaures Kali, welche vollständig seinen Wassergehalt in der Hitze verliert, und damit ist denn auch der Versuch zu Ende. Nun ist die Gegenwart von Aetzkali in der Erde ganz undenkbar, und nebenbei auch keine Unterlage, wie die Silberschale war, welche das geschmolzene Gemenge tragen könnte, ohne davon in Mitwirkung gezogen zu werden; und es zeigten auch die wasserhaltigen Krystalle die Eigenschaft ihren Wassergehalt bei ziemlich niedriger Temperatur (109°C) grösstentheils wieder abzugeben.

Zur Anwendbarkeit des Versuchs auf die Erklärung der wasserhaltigen Zeolithe fehlt also erstens die Gegenwart einer bei Glühhitze ihren Wassergehalt noch festhaltenden Alkalibase, sodann die Festhaltung des Wassergehaltes nachher auch über dem Siedepunkte des Wassers, ferner eine mögliche Unterlage, und schliesslich die Gegenwart

*) Poggend. Annalen 83,236.

von Thonerde, die in allen Zeolithen der Phonolithe enthalten ist und gerade gegen Hitze am empfindlichsten ist im Betreff ihrer späteren Lösung in Säuren. Der Versuch, welcher in chemischer Beziehung intressant ist, beweist also nichts für die Bildung der Zeolithe unter den obwaltenden Verhältnissen.

Uebrigens ist der Wassergehalt der Zeolithe nicht wesentlich, denn es gibt auch wasserfreie. Die basische Verbindung und die Aufschliessbarkeit durch Säuren sind weit durchgreifender.

G. vom Rath*) hat zwei Phonolithe untersucht, in welchen der zeolithische Bestandtheil nur eine sehr kleine Menge Wasser (3,25 %) enthält, wie sich ein solcher in vielen Gesteinen (Basalt, Dolerit, Melaphyr) findet, indem das Wasser nicht chemisch gebunden, sondern nur in Kanälen eingeschlossen ist. Der eine (Nr. 1) findet sich südwestlich von Zittau bei Olbersdorf; der andere auf dem durch seine Aussicht bekannten Phonolithkegel, die Lausche genannt, 2 Stunden südwestlich von Zittau. Eine deutliche Zersetzungsrinde von ein Zoll Stärke zeigt, dass der Phonolith selbst ein naturwüchsiges Product ist, und wenn auch durch Zersetzung eines andern Gesteins an einem andern Ort entstanden, dann doch sicherlich eine Neubildung. Deutliche Feldspathkrystalle von 1 Linie Länge finden sich in der Grundmasse eingewachsen. Auch der zweite Phonolith (Nr. 2) enthält Feldspathkrystalle und anscheinend, wie bei Nr. 1, in paralleler Lage abgesetzt.

Der lösliche Bestandtheil enthält

	SiO_2,	Al_2O_3,	Fe_2O_3,	CaO,	MgO,	KO,	NaO,	HO,	MnO.
Nr. 1)	43,74	22,39	10,79	2,96	0,47	3,72	12,98	3,24	„
„ 2)	46,48	23,85	3,07	1,56	0,40	2,85	15,34	3,25	0,94.

G. v. Rath fand diese Zusammensetzung mit keiner der bekannten Zeolithe übereinstimmend, auch liess sich das Resultat nicht gut in 2 verschiedene Zeolithe spalten. Schliesslich glaubt er, dass der Annahme von Nephelin nichts im Wege stehe, womit man einverstanden sein kann. Der Nephelin ist ein einfaches Silicat von Kali, Natron und Thonerde; in obigen Analysen kommt etwas mehr Kieselerde vor, als dieser Bedingung entspricht, etwa wie 11 At. Kieselsäure auf 10 Atome Basen.

Der feldspathige Bestandtheil ist in beiden ein ächter Feldspath (Trisilicat), jedoch kali- und natronhaltig zu nahe zu gleichen Gewichtstheilen. In der Eifel kommt ein Phonolith vor, welcher Nosean als Zeolith enthält, der ebenfalls ein wasserleeres einfaches Silicat ist.

Der Phonolith des Olbrück (Nr. 3), südlich von Brohl, 1434 Fuss hoch, ist seiner Structur nach porphyrartig. Die braune Grundmasse umschliesst granatoedrische Krystalle von Nosean in grosser Menge, und durchsichtige tafelförmige Krystalle von glasigem Feldspath. Er enthält scharfkantige Schieferstücke, die nicht rothgebrannt sind, wie in

*) Zeitschrift d. deutschen geolog. Gesellsch. 1856, S. 291.

den Schlackenbergen, aber doch deutlich verändert, wie die Einschlüsse im Trachyt und Basalt. Die Stücke sind gehärtet, von krystallinischer Beschaffenheit, mit erhaltener Schieferung. Diese Erhärtung erklärt sich einfach durch das Eindringen der den Phonolith absetzenden Flüssigkeit, welche die Zwischenräume ausfüllte, sonst aber keine Aenderung in der Schieferung hervorbrachte.

Das spec. Gew. des Olbrückphonoliths ist 2,533. Das Gestein gelatinirt mit Salzsäure zum grössten Theile. Der Wassergehalt beträgt 3,1 %, also nicht mehr, wie bei Basalt und andern nichtzeolithischen Gesteinen.

Die Analyse, zugleich mit dem folgenden, Nr. 4, ergab:

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	SO_3
Nr. 3)	54,02	19,83	4,54	2,09	0,31	5,93	9,83	3,1	0,35
„ 4)	53,54	20,68	4,63	1,28	0,76	3,20	11,04	2,29	0,63.

Es ist demnach ein wasserleerer Zeolith darin vorhanden, und das ganze Gestein erscheint als ein Gemenge von Feldspath, Nosean und Leucit. Diese Art der Phonolithe kommt nur in der Gegend des Laacher See's vor; ein ähnliches Vorkommen ist der Burgberg (Nr. 4), westlich von Rieden, ein steiler, kahler, aus der Tuffdecke hervorragender Berg.

Die Analyse des Burgberger Phonoliths zeigt eine grosse Uebereinstimmung mit dem des Olbrück.

Dieser Phonolith hat ein spec. Gew. von 2,541 und enthält 0,20 % Magneteisen. Für die Bildung auf nassem Wege sprechen der Gehalt an Magneteisen, Chlor, Schwefelsäure, Wasser und das hohe spec. Gewicht.

Eine andere Varietät eines lichtgrünen Noseanphonoliths aus dem Leucittuff von Rieden enthält eine beträchtliche Menge kohlensauren Kalk, welchen man der herrschenden Ansicht gemäss einer vorgeschrittenen Zersetzung zuschrieb. Da aber gleichzeitig mit den 3,22 % kohlensaurem Kalk 0,26 % Magneteisen vorkommen, so ist eine ähnliche Entstehung wie bei den obigen unzweifelhaft.

Ueber die Bedeutung des Wassergehaltes in den krystallinischen Silicaten.

Es ist eine unbezweifelte Thatsache, dass alle natürliche Silicatgesteine vom Granit bis zum Basalt gewisse Mengen Wasser enthalten, welche oft bis zu 4 % gehen. Dieses Wasser lässt sich aus dem ganzen Gesteine nicht einmal durch Glühen, aus dem gepulverten nicht

vollständig durch das Vacuum und eine Erwärmung im Wasserbade, wohl aber durch Glühen im Platintiegel austreiben. Schon aus einer Menge der oben angeführten Analysen ergab sich der Wassergehalt, und zwar aus Arbeiten von Geologen, welche der plutonistischen Theorie anhängen. Theodor Scheerer*) führt 1$\frac{0}{0}$ Wasser als einen normalen Bestandtheil des Gneisses auf. Da also dieser Wassergehalt auch von den Plutonisten nicht bestritten wird, so können wir ihn als zugegeben ansehen, und es fragt sich nur, unter welchen Bedingungen wir denselben in den Mineralien annehmen. Die Thatsache, dass das Wasser nur durch Glühen ausgetrieben werden könne, veranlasste zu der Ansicht, dass es als chemisch gebunden darin enthalten sei. Dagegen sprach aber seine sehr kleine Menge, die nicht in Proportionen ausgedrückt werden konnte, und seine wechselnde Menge, die sich ebenfalls nicht mit den bestimmten Proportionen vertrug.

Bischof, welcher am entschiedensten die plutonistische Ansicht bekämpfte, hält dieses Wasser noch für chemisch gebundenes, gestützt auf die hohe Temperatur, wobei dasselbe entweicht. Von Volger erinnere ich mich nicht, eine bestimmte Ansicht ausgesprochen gefunden zu haben. Die chemische Bindung erscheint aber aus den beiden angeführten Gründen, der zu kleinen und der wechselnden Mengen, nicht zulässig, und ich spreche mich entschieden dagegen aus.

Nach meinen Untersuchungen ist das in den Silicatgesteinen enthaltene Wasser als flüssiges Wasser in engen Kanälen eingeschlossen, und bei der Bildung der Silicate aus wässriger Lösung durch Umschliessung zurückgehalten worden. Ich habe dafür nun den Beweis zu liefern. Nur die sehr basischen Silicate der Zeolithe, in denen das Wasser als Basis enthalten ist, besitzen es in chemischer Verbindung, d. h. gleichförmig in den kleinsten Molecülen der Verbindung vertheilt. In trockner, chemisch gebundener Form berührt dies Wasser die äussere Luft, ohne durch Verdunstung zu entweichen, weil es chemisch gebunden ist. Erhitzt man einen solchen Körper, so beginnt das Wasser von den äussersten Gränzen des Körpers zu entweichen, und hinterlässt zusammenhängende Kanäle, durch welche das innere Wasser auch entweichen kann. Man kann deshalb einen ganzen Zeolithkrystall durch langsames und anhaltendes Erwärmen entwässern, ohne dass er seine Gestalt verliert. Die chemische Verbindung bedingt das Entstehen offener Kanäle, welche das Austreten alles Wassers gestatten. Ebenso entweicht das Krystallwasser aus kohlensaurem, schwefelsaurem, phosphorsaurem Natron und der Krystall behält seine Gestalt, nur wird er trüb und undurchsichtig durch die Lichtreflexion an den Wänden der Kanäle. Dagegen kann man einen Krystall von schwefelsaurem Kali, von Jodkalium und ähnlichen wasserleeren Salzen nicht durch die Wärme des Wasserbades so weit austrocknen, dass er bei stärkerem Erhitzen

*) Annalen der Chem. u. Pharm. 126,8.

nicht verknistert. Es ist also das Wasser in diesen Krystallen in Höhlungen eingeschlossen, aus denen es nicht ohne Verletzung des Krystalls entweichen kann, bis die Spannung seiner Dämpfe so hoch gestiegen ist, dass es den Krystall durch Dampfbildung sprengt. Es tritt hier ein Kampf zwischen Spannung der Dämpfe und Cohäsion ein, der bis zu einem gewissen Punkt zu Gunsten der Cohäsion, von da an zu Gunsten der Spannung sich entscheidet. Je grösser der Krystall ist, desto höher wird er erhitzt werden müssen, bis er zerberstet. Wirft man gröblich gestossenes schwefelsaures Kali in eine glühende Platinschale, so zerbersten die kleinen Stücke zuerst, die grösseren aber später. Das Verknistern wird aber mit Recht überall als ein Zeichen von eingeschlossenem, nicht chemisch gebundenem, Wasser angesehen.

Der Druck, welchen Wasserdampf auf die Wände des Gefässes ausübt, hängt von der Temperatur und von der Grösse der Wände ab. Je grösser der Umfang des Gefässes ist, desto stärker müssen die Wände für einen gleichgespannten Dampf sein, damit das Gefäss nicht berste. Darauf beruht die Bestimmung der Dicke des Kesselblechs bei Dampfmaschinen, die mit dem Umfang des Kessels nach einem bestimmten Verhältniss steigt*). Ein Röhrenkessel von 4 Zoll innerer Weite verlangt bei 5 Atmosphären Spannung eine Wandstärke in Eisenblech von 0,130 Zoll, bei 60 Zoll Durchmesser von 0,553 Zoll. Eine gute Barometerröhre hält einen stärkeren Druck von innen aus, als ein Locomotivkessel. Eine Thermometerröhre hält einen Druck von mehr als 100 Atmosphären aus, wie man durch galvanische Wasserzersetzung nachgewiesen hat. Es nimmt also der Widerstand mit der Enge der Röhren zu, und dies ist der Grund, warum das Wasser aus Silicatgesteinen nicht einmal durch schwaches Glühen entweicht, wenn sie ganz sind, wohl aber nach dem Pulvern, weil jetzt ein geringerer Widerstand zu überwinden ist. Die Kanäle, worin sich das Wasser befindet, sind sehr eng und folglich schwer zu sprengen, besonders bei zähen, feldspathartigen Gesteinen, dagegen bei spröden Körpern, wie Bleiglanz und viele Schwefelmetalle, findet das Verknistern sehr leicht statt. Es ist eine bekannte Regel bei Löthrohrproben, die Stoffe, besonders Kiese und Blenden, erst im Löffel verknistern zu lassen, ehe man sie auf die Kohle legt. Hierin steckt schon der Beweis für die nasse Bildung dieser Mineralien. Ein in Würfel krystallisirtes, durch Erstarren entstandenes künstliches Schwefelblei verknisterte nicht im geringsten, natürliches Schwefelblei mit grosser Heftigkeit. Das Wasser ist auch nicht von aussen hineingekommen, denn sonst würde es von innen denselben Weg hinausfinden, und es bleibt also nur der Schluss übrig, dass Wasser, welches nicht durch Erhitzen ohne Sprengung des Minerals herauskann, als solches in vollständig umschlossenen Räumen vorhanden sein müsse.

---

*) Vgl. Weisbach, Ingenieur. 3. Aufl. S. 559.

Die Anhänger der plutonistischen Theorie wollen die zugestandene Gegenwart von Wasser im Melaphyr, Basalt, Granit, Gneiss nicht als einen Beweis gegen die feurige Entstehung dieser Gesteine gelten lassen, indem sie einen hohen Druck, welcher die Dampfbildung des Wassers verhindert habe, als Ursache dieser Erscheinung ansehen. Aus diesem letzten Zufluchtsort werden sie durch die unerbittliche Logik der Thatsachen verdrängt; denn es findet sich dieses eingeschlossene Wasser auch in den Gebilden der Gänge und Hohlräume, wo gar keine feste Umschliessung stattfand; es findet sich dies Wasser in gleicher Art in Gesteinen, die absolut nicht auf feurigem Wege entstanden sein können, wie Kahlspath, Eisenspath, Schwerspath u. a. m.; es ist nicht zu erklären, warum das Wasser vom spec. Gewicht 1 in einem geschmolzenen Melaphyr oder Basalt vom spec. Gewicht 3 in der Mitte stecken bleiben könne, ohne nach dem spec. Gew. aufzusteigen und ganz aus der Masse auszutreten; und endlich sind diese Gesteine, wenn sie wirklich vulkanisch verändert worden sind, auch ganz wasserleer geworden.

Der geschmolzene Trachyt und Granit ist zum wasserleeren, amorphen Obsidian umgewandelt; der durch Wasser in Bimsstein umgewandelte und schwammartig aufgetriebene Trachyt hat durch Pulvern und bloses Hinstellen ins Vacuum mit Chlorcalcium alles Wasser verloren; die porösen Schlacken und Laven der heutigen und früheren Vulkane sind wirklich wasserleer. Die poröse Mühlsteinlave der Eifel ist ebenfalls wasserleer, allein die Basalte, welche noch dicht sind, enthalten das eingeschlossene Wasser, wie die Melaphyre und Diorite, welche ebenfalls noch dicht sind. Demnach sind die wirklichen vulkanischen Producte umgewandelte nasse Gebilde, und es würden die Laven, welche im Innern der Erde durch Schmelzung, aber nicht durch Ergiessung entstanden sind, nicht porös sein, wenn sie nicht ursprünglich Wasser oder kohlensaure Erden enthalten hätten; ferner ist die Schmelzung nur eine sehr unvollständige und zähflüssige gewesen, weil selbst diese grossen Blasen oder Hohlräume nicht aufgestiegen, sondern gleichmässig vertheilt geblieben sind, und hier war auch der vielangewendete Druck nicht hinreichend, die Blasenbildung zu verhindern, obgleich die Mühlsteinlave von Niedermendig noch jetzt mit 50 Fuss Erde bedeckt ist und die ganze Gegend die deutlichsten Spuren starker Entblösung zeigt. Der Druck hat also die Oeffnung der Poren nicht verhindert, und diejenigen Gesteine, welche keine geöffnete Poren besitzen, sind auch niemals geschmolzen gewesen. Demnach ist das in Poren eingeschlossene Wasser gleichzeitig mit der Bildung dieser Gesteine abgesetzt und eingeschlossen worden, und ein vollgültiger Beweis gegen die feurige Entstehung.

Eine sehr leichte Art, die Gegenwart von eingeschlossenem Wasser in dichten Gesteinen nachzuweisen, habe ich in folgendem Verhalten gefunden. Alle dichte, nicht poröse Gesteine lassen sich, wenn sie längere Zeit an der Luft gelegen haben, mit Tinte beschreiben, wobei

ganz deutliche Schriftzüge entstehen. Bewirkt man aber durch einen Hammerschlag frischen Bruch, so läuft die Tinte racketenartig schiessend sehr weit aus. Lässt man den frischen Bruch längere Zeit an warmer Luft liegen, so kann man wieder darauf deutlich schreiben. Poröse Gesteine, welche auch getrocknet die Tinte capillarisch auslaufen lassen, können hier nicht herangezogen werden. Dickes Glas, Hochofenschlacke, Obsidian geben auf frischem Bruche einen breiteren Strich, als auf altem Bruche, allein die Tinte läuft nicht aus, sondern der Strich hat gerade Gränzen. Dagegen Basalt, Diorit, Melaphyr, Quarz zeigen auf frischem Bruche das Auslaufen der Tinte in hohem Grade. Dies rührt davon her, dass unzählige feine Wasserporen von dem Bruche durchbrochen werden, und dass die Tinte capillarisch von dem Ende einer Wasserpore zur andern läuft. Sind die blosgelegten Enden der Wasserporen ausgetrocknet, so nimmt die Fläche wieder deutliche Schrift an. Den Diorit von St. Wendel habe ich wochenlang in einen Trockenheerd gelegt, worin Papier bis zum Verkohlen heiss wurde. Nach dem Kaltwerden zeigte der Diorit das Auslaufen der Tinte auf neuem Bruche wie ganz frischer. Es war also das Wasser nicht entwichen bei einer Temperatur von mehreren Hundert Graden, weil es nicht entweichen konnte. Dasselbe zeigt Basalt, Melaphyr von der Nahe, Quarzstücke aus Thonschiefergängen, Bleiglanz, überhaupt alle dichte Mineralien, welche wässriger Entstehung sind. Die Cohäsion der Feldspathgesteine ist so gross, dass die Wassertheilchen erst dann sich zu Blasen auftreiben, wenn durch die Hitze die Cohäsion vermindert ist und ein Zähwerden der Masse eintritt. Schmilzt man aber den Basalt im Cupolofen ganz dünn, dass er sich zu Tischplatten, Gartengeländern, Gesimsen vergiessen lässt, so steigen die Blasen in die Höhe, und die Masse wird ganz dicht, glänzend wie schwarzes Bouteillenglas, und zeigt auf frischem Bruche auch nicht mehr das Auslaufen der Tinte. Weisser Quarz der Rollkiesel lässt sich ganz rein beschreiben; auf frischem Bruche aber niemals, auch wenn er bis zum schwachen Glühen vorher erhitzt worden ist.

Was nun aus allen diesen Beobachtungen mit Bestimmtheit erschlossen wurde, ist dann auch von Sorby 1858 und Zirkel*) 1863 durch den Augenschein bewiesen worden. Indem Sorby sehr dünne Schliffe von durchsichtigem Bergkrystall herstellte, erkannte er durch das Mikroscop sehr feine Poren, welche zum Theil mit einer Flüssigkeit gefüllt sind, zum Theil auch noch bewegliche, hin- und herlaufende Luftblasen enthalten. Diese Luftblasen sind wohl nur mit Wasserdampf gefüllte Hohlräume, da die Bildung dieser Krystalle in tiefer Erde bei etwas höherer Temperatur geschah, als hier oben stattfindet, wodurch eine Contraction eintreten musste. Die Beweglichkeit dieser Luftblasen erzähle ich auf die Verantwortlichkeit des Hrn. Dr. Zirkel nach, indem

*) Pogg. 119,288.

ich mir nicht vorstellen kann, wie in Kanälen von 0,06 Millimeter Weite noch Luft und Wasser sich ausweichen können, da man dies schon in Thermometerröhren nicht mehr wahrnimmt. Dass er dagegen die Wasserkanäle oder Poren, wie er sie nennt, bei 2000maliger Vergrösserung deutlich wahrgenommen habe, ist glaublich. Es kommen also diese Wasserporen zu den vielen anderen Beweisen der flüssigen Bildung der Bergkrystalle hinzu, um jeden Versuch des Plutonismus zu nichte zu machen. Auch in den Feldspathschliffen hat Zirkel dieselben Wasserporen gefunden, und dies spricht für dieselbe Bildungsart. Wenn man Feldspath (ich habe Heidelberger Granit genommen) zu Pulver stösst und dies durch 3 Siebe in ungleicher Feinheit sondert, so findet sich darunter eine Pulversorte, welche das Verknistern auf glühendem Platinblech zeigt. Die gröbere ist noch zu massig, um gesprengt zu werden; die feinere verliert ihr Wasser durch die verletzten Kanäle selbst; die verknisternde ist gerade dick genug, um noch gesprengt zu werden und nicht alles Wasser durch die Poren zu verlieren, sodass auch beim Feldspath das Verknistern ganz deutlich beobachtet werden kann. Um die günstigsten Verhältnisse zu haben, pulvert man den Feldspath gerade vor dem Versuch, erhitzt eine Platinplatte zum Rothglühen, und streut dann die Pulver der Reihe nach auf. Hygroscopisches Wasser erzeugt niemals ein Verknistern, da es von aussen hereingekommen ist, und auch den Weg nach aussen noch offen hat.

Andere Beobachtungen, welche Zirkel über Glasporen und Steinporen gemacht haben will, geben zu grossen Bedenken Veranlassung. Unter Poren kann man nur längliche Hohlräume verstehen; dagegen Glas und Steinporen wären Fäden. Bei 2000maliger Vergrösserung ist es schwer, etwas deutlich und seiner Natur nach zu erkennen.

Dr. Vogelsang*) hat über die mikroskopische Structur der Schlacken eine Untersuchung angestellt, die jedoch zu keinen geologischen Resultaten geführt hat. Bei den Schlacken hat er aus Analogieen (S. 121) nach Wasserporen, aber vergeblich gesucht. Er bemerkt, dass sich Wasserporen auch im Chalcedon und Achat befinden, was sehr natürlich ist. Ausscheidungen von Eisenoxyden in Schlacken sind von ihm nirgendwo beobachtet worden, was für die Entstehung der magneteisenhaltigen Basalte von Wichtigkeit gewesen wäre.

Ueber die Frage des Wassergehaltes der krystallinischen Gesteine hat sich Th. Scheerer in der oben angeführten Abhandlung (auf S. 6) am bestimmtesten ausgedrückt. Er glaubt, dass der Wassergehalt von 1 % im Gneiss von dem chemisch gebundenen Wasser des Glimmers, in welchem es gegen 4 % betragen soll, abstamme. Nun könnte man allerdings fragen, wie der Glimmer bei der Schmelzhitze des Feldspathes, noch seinen Wassergehalt festhalten könne, da er ihn in demjenigen, der durch Vulkane passirt ist, verloren hat. Darauf antwortet Prof.

*) Pogg. 121,101.

Scheerer „dass das chemisch gebundene Wasser des Glimmers im grauen Gneiss die nämliche Rolle spielt, wie die fixen Basen Bittererde, Eisenoxydul, Manganoxydul etc., und dass es als ein derartiger chemischer Bestandtheil unzweifelhaft ein ursprünglicher Bestandtheil ist.“ Allein es ist ja nicht entfernt nachgewiesen, „dass das Wasser im Glimmer chemisch gebunden ist. Wenn dies der Fall wäre, so kann es doch nicht anders gebunden sein, als in den Zeolithen, in denen es einen weit grösseren und constanten Procentsatz ausmacht, der sich nach Atomen berechnen lässt. Das ist beim Glimmer niemals der Fall. Alle durchsichtigen Zeolithe verlieren durch leichtes Glühen ihren Wassergehalt und werden dadurch undurchsichtig, ebensogut, wie kohlensaures oder schwefelsaures Natron. Diese Analogie ist uns Prof. Scheerer schuldig geblieben. Der Glimmer verliert seinen Wassergehalt ohne trüb zu werden, und wird erst trüb bei sehr starker Glühhitze, wo er in die Nähe seines Schmelzpunktes tritt, wie an einer andern Stelle nachgewiesen wird. Der Wassergehalt im Glimmer ist mechanisch eingeschlossen und stammt von der ersten Bildung des Glimmers aus wässriger Lösung ab; er beträgt eine so ansehnliche Summe wegen der ungemein feinen plattenförmigen Structur des Glimmers, welche zwischen jeder Lamelle einen kleinen Gehalt an Wasser gestattet. Was wäre auch mit der Annahme der chemischen Bindung in diesem Falle gewonnen, da auch der reine Feldspath, der Quarz, und andere Mineralien Wasser enthalten, was doch hier in keinem Falle chemisch gebunden sein kann, und auch erst bei sehr hoher Temperatur aus den feinsten Kanälen entweicht.

Es bleibt demnach der Wassergehalt aller krystallinischen Gesteine ein gar nicht zu beseitigendes Hinderniss der plutonistischen Theorie, besonders in Betracht des Umstandes, dass er in den wirklich geschmolzenen vulkanischen Producten vollkommen fehlt.

Die Bestimmung des Wassergehaltes in natürlichen Silicaten hat einige Schwierigkeiten, welche leicht verständlich sind, wenn man die oben ausgesprochene Ansicht davon hat. Beim Pulvern werden viele Poren geöffnet und es findet ein Abtrocknen der geöffneten statt. Nur die noch nicht geöffneten werden durch die Glühhitze entleert. Basalt vom Stephanshügel zu Limburg verlor durch Glühen eines kleinen Stückes 2 $\frac{0}{0}$; eines gröblichen Pulvers 2,25 $\frac{0}{0}$ und eines feinen Pulvers 2,5 $\frac{0}{0}$. In Masse geglühter Basalt zeigte nach dem Erkalten noch Auslaufen der Tinte. Da die Melaphyre meistens Spatheisenstein enthalten, so ist der Glühverlust nicht blos Wasser, sondern auch Kohlensäure und Kohlenoxydgas. Wenn man das Wasser nicht durch den Verlust, sondern durch directes Wägen bestimmen will, so muss man es in Chlorcalciumröhren oder in solchen mit entwässertem Kupfervitriol auffangen.

Ueber die Bedeutung des kohlensauren Kalkes und Eisenoxyduls in Silicaten. Gleich wie der Wassergehalt in allen natürlichen Silicaten sich vorfindet, so zeigt sich ein Gehalt an kohlensauren

Erden und kohlensaurem Eisenoxydul in sehr vielen dichten Silicatgesteinen, besonders im Melaphyr, Basalt, Dolerit und auch in einzelnen Graniten und Gneissen. Auch diese Thatsache war lange bekannt und ist von den Plutonisten zugegeben. Ein Dolerit von Wrightson*) untersucht enthielt 8,57 $\frac{0}{0}$ kohlensaures Eisenoxydul und 2,72 $\frac{0}{0}$ kohlensauren Kalk. Ein doleritartiges Gestein von der Aulgasse bei Siegburg zeigte 21,01 $\frac{0}{0}$ kohlens. Eisenoxydul und 6,74 $\frac{0}{0}$ kohlens. Kalk. Der Basalt von Obercassel bei Bonn zeigt nach Bergemann 14,60 $\frac{0}{0}$ kohlens. Eisenoxydul, 7,9 $\frac{0}{0}$ kohlens. Kalk und 1,15 $\frac{0}{0}$ kohlens. Bittererde. Ich selbst untersuchte eine grosse Anzahl Gesteine aus dem Nahethal vom Kreuznacher Porphyr an bis zu dem Diorit von St. Wendel und fand die meisten kohlensäurehaltig und alle wasserhaltig.

Der Diorit von St. Wendel enthält	2,93 $\frac{0}{0}$ CO_2	und	4,196 $\frac{0}{0}$ HO,	
- - - Traubertsberg	0,7416	-	2,182	-
- - - Hosenbach	2,1798	-	3,9178	-
- - - Kaisersweiler	Spur		3,8	-
Porphyr von Heidenburg bei Landstuhl	keine		2,4	-
Melaphyr von Kirn	0,4794	-	1,94	-
- - Oberkirchen bei St. Wendel	0,495	-	3,74	-
- von Stakfels bei Volmersbach	9,316	-	3,046	-
- - Gutesberg bei St. Wendel	0,334	-	4,36	-
Porphyr von Reitscheid	2,45	-	4,9	-
- - Nohfelden	Spur		2,0	-

Nachdem wir für die Bedeutung des Wassergehaltes eine durch eine Anzahl gewichtiger Gründe unterstützte Meinung aufgestellt haben, müssen wir die Frage antreten, wie die kohlensauren Erden und der Spatheisenstein in diese Gesteine hereingekommen sind. Die Anhänger der plutonistischen Theorie haben die Wichtigkeit der Thatsache und die Nothwendigkeit eingesehen, von dieser gefährlichen Beimengung frei zu werden. Sie haben ganz einfach den kohlensauren Kalk von Verwitterung oder von nachheriger Infiltration abgeleitet. Bei der Leichtigkeit, womit die ältere Schule chemische Beziehungen abfertigte, nimmt dies nicht Wunder; aber sehr auffallend ist, dass Professor Bischof, der so viele Erscheinungen auf ihren wahren Grund zurückgeführt hat, auch dieser Ansicht anhängt. Ich trage kein Bedenken, gleich hier meine Ansicht auszusprechen, dass der Gehalt an kohlensauren Erden und Eisenoxydul nicht von der Zersetzung der Gesteine und auch nicht von Infiltration in ein bereits fertiges Gestein herrühre, und werde, nachdem ich dies bewiesen, meine Ansicht über den Ursprung entwickeln.

Dass die kohlensauren Erdsalze nicht von Verwitterung herrühren, geht aus dem blosen Anblicke der Gesteine hervor. Diese sind ganz

*) Annalen der Chem. u. Pharm. 54,536.

dicht, ausserordentlich hart, gleichförmig im Korn und haben dieselbe Zusammensetzung bis in die tiefsten Schichten. Beim Verwittern verlieren die schwarzen Gesteine ihre dunkle Farbe, und nehmen eine hellere, oft ins gelbliche spielende, an. Die Verwitterung beginnt nothwendig von aussen und schreitet nach innen fort; sie ist mit einer Auflockerung des Gefüges verbunden und lässt ein poröses Gestein zurück, weil Stoffe ausgeführt werden, die durch keine andern ersetzt werden. Von allen diesen Zeichen tritt auch nicht ein einziges ein.

Der Melaphyr oder Diorit von St. Wendel, mit dem ich eine Reihe von Versuchen gemacht habe, hat ein graublaues, sehr feines, ganz gleichmässiges Korn. Er enthält nach obiger Aufstellung 2,93 $\frac{0}{0}$ Kohlensäure und 4,198 $\frac{0}{0}$ Wasser. Er ist berühmt wegen seiner ungeheuren Härte, Dichtigkeit und Unverwitterbarkeit. Er wird sehr stark als Pflasterstein nach Paris ausgeführt, und es ist nicht wahrscheinlich, dass man in Paris einen verwitterten Stein zum Pflastern verwenden werde. Längs der Rheinnahebahn (von Kreuznach nach Saarbrücken) sieht man an den betreffenden Stationen grosse Haufen würfelförmig zugehauener Pflastersteine aufgeschichtet, welche über Forbach nach Paris geschafft werden. Das spec. Gew. des Melaphyrs ist 2,683 bis 2,688, was einen ansehnlichen Gehalt an Feldspath bekundet, indem die an Eisenoxydulsilicaten reicheren Gesteine sich mehr der Zahl 2,9 näheren. Der Stein ist sehr schwer zu zerschlagen und ich habe mir oft die Hand mit dem Hammerstiel zerschellt, um so viel loszulösen, als zu einer Probe nothwendig war.

Um die Verwitterbarkeit des Steins zu prüfen, habe ich 5 Stücke, welche zusammen 100,390 Grm. wogen, in einer Porcellanschale mit 50 Grm. Glaubersalz und Wasser gekocht und 40 Mal das Glaubersalz eintrocknen lassen, nachdem jedes Mal wieder Wasser zugesetzt war, dann wurde alles Glaubersalz gelöst und weggewaschen, und die Steine getrocknet. Sie wogen nun 99,91 Grm. und hatten also nur 0,48 Grm. an Gewicht verloren, und diese waren durch die Bewegung von den scharfkantigen Steinen abgestossen worden. Der gesammelte Gruss wog 0,050 Grm. Die Stücke waren dem Ansehen nach ganz unverändert, noch scharfkantig, schwarzgraulich wie der natürliche Stein. Insbesondere izt zu bemerken, dass sie nicht an Gewicht zugenommen hatten, also keine Hohlräume besassen, in welche sich Glaubersalz hätte festsetzen können. Demnach besteht dieser Melaphyr aus einem sehr unverwitterbaren Stoffe, da selbst wenige Granite im Stande sind, die 40malige Eintrocknung mit Glaubersalz ohne grösseren Verlust zu ertragen.

Eine Anzahl frischer Stücke wurde gewogen und mit Wasser eine Zeit lang gekocht, dann unter Wasser erkalten gelassen. Nachdem die Stücke herausgenommen und abgetrocknet waren, hatten sie ihr ursprüngliches Gewicht wieder, also kein Wasser aufgenommen, was für ihre Dichtheit spricht. Mit der Lupe ist keine Spur eines gesonderten Minerals zu erkennen; das Korn ist so fein, dass man selbst Augit

oder Hornblende und Feldspath nicht unterscheiden kann. Diese Pflastersteine kommen aus den tiefsten Lagen des Steinbruchs, wohin eine Verwitterung nicht vordringen kann.

Ganz ähnliche Resultate gaben mir die andern dichten Melaphyre, welche Kohlensäure enthielten. Es sind darunter einige, welche so dicht und gleichmässig erscheinen, wie Marmor oder geglätteter Dachschiefer, die eigentlich gar kein Korn, sondern eine ganz glänzende schwarze Bruchfläche zeigen.

Auf der Halde der St. Wendeler Brüche fanden sich Steine, welche oben über eine Verwitterungskruste von 1 Linie Dicke hatten. Diese Kruste war entfärbt im Vergleich zum natürlichen Stein, enthielt aber Kohlensäure wie der innere Stein. Wenn nun die Kohlensäure von Verwitterung herrühren soll, wie kam sie dann in den innern Stein, der sich von der Verwitterungskruste deutlich abschied?

Aus allen diesen Thatsachen geht unwiderleglich hervor, dass der Gehalt an Kohlensäure in den dichten und dunklen Melaphyren, Basalten, Dioriten nicht von Verwitterung und nicht von Infiltration herrühren könne.

Aber auch directe Beweise liegen vor.

In dem Obercasseler Basalt, welcher grosse Aehnlichkeit mit dem Löwenburger Dolerit im Ansehen hat, fand ich 5,106 % Kohlensäure, und in demselben stark verwitterten Gesteine nur 0,125 %. Der Dolerit der Löwenburg zeigte 0,48 % Kohlensäure, und das am Fuss der Löwenburg anstehende etwas verwitterte Gestein vom Kühlsbrunnen nur 0,044 %.

Unterhalb Boppard bricht in einem Seitenthale des Rheines ein Grünstein, der einen weiten Gang im Grauwackengebirge ausfüllt.

Dieser Grünstein ist genauer untersucht worden, und zwar in zwei Proben; die eine war frisch und mitten aus dem Gange herausgeschlagen und die andere nahe an der Oberfläche, und zeigte durch den Anschein eine grössere Verwitterung.

Boppàrder Diorit	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	NaO	KO	CO_2	HO
frisch	33,746	12,019	18,943	5,672	12,642	1,054	1,622	9,436	5,304
verwittert	32,07	11,71	15,27	6,25	15,90	4,33	0,01	8,02	6,59

Es ist nun wahrscheinlich, dass beide Proben ursprünglich nicht eine gleiche Zusammensetzung hatten, weil der verwitterte Stein noch mehr Natron enthält, als der frische. Aber das ist ganz deutlich zu ersehen, dass die Kohlensäure durch Verwitterung nicht zugenommen hat, sondern im Gegentheile um beinahe 1½ % geringer steht, als bei dem mitten aus dem Gange frisch gebrochnem Steine. Ohne Zweifel enthält dieser Stein auch kohlensaures Eisenoxydul, was aus der Analyse nicht entnommen werden kann, sowie denn auch alles Eisen als Oxyd aufgeführt ist. Ueberhaupt aber ist die Ausscheidung von kohlensaurem Kalk, ohne dass er weggeführt wurde, sehr unwahrscheinlich, denn der kohlensaure Kalk ist ungleich löslicher in Wasser, als irgend

eines der erdigen Silicate. Rechnet man, dass 1 Theil kohlensaurer Kalk in 10000 Theilen kohlensäurefreiem Wasser löslich ist, so muss sich in den meisten Fällen aller Kalk in dem Wasser lösen können, was bis zur Verwitterung des Gesteines als Regen und Schnee mit demselben in Berührung kam.

Der natürliche Basalt ist ganz dicht und hat keine Hohlräume, um einen fremden Stoff aufzunehmen; dagegen der verwitterte Basalt hat Hohlräume und kann kohlensauren Kalk aufnehmen, wenn er in wässriger oder kohlensaurer Lösung dargeboten wird. Es mögten wohl viele Fälle von brausenden, verwitterten Gesteinen hierhin zu rechnen sein. Die gewöhnliche Art, die natürlichen Gesteine auf einen Gehalt an Kohlensäure an Ort und Stelle durch Betupfen mit einem Tropfen Salzsäure zu prüfen, gibt keine sicheren Resultate. Enthält der Basalt viel kohlensaures Eisenoxydul, so gibt er mit Salzsäure betupft keine Spur von Bläschen, weil die Zersetzung erst bei Erwärmung stattfindet. Dagegen verwitterter Basalt gibt wegen seiner feinen Vertheilung sehr leicht sichtbare Bläschen. Man kann auch die Angabe, dass verwitterte Basalte mit Salzsäure Brausen erregen, wenn das natürliche Gestein keine Kohlensäure enthält, nicht als begründet ansehen, und muss dieserhalb noch fernere Untersuchungen abwarten. Es müssen aus diesem Grunde die verwitterten Gesteine viel leichter als kohlensäurehaltig erscheinen, als die unverwitterten dichten.

Die Frage, wie nun die kohlensauren Verbindungen in die Silicate gekommen seien, lässt nur eine Beantwortung zu, wenn durch die Thatsachen ausgeschlossen ist, dass sie nachträglich durch Infiltration oder Verwitterung hineingekommen seien.

Es müssen die kohlensauren Verbindungen in derselben Lösung, welche die Silicate absetzte, aufgelöst gewesen sein, und durch Diffusion von andern Stellen sich in gleicher Art immer wieder nach dem Absetzen ergänzt haben. Es ist auch zugleich anzunehmen, dass die kohlensaure Verbindung in reinem Wasser und nicht in kohlensaurem gelöst gewesen seien, weil bei der Bildung der Silicate Kohlensäure nicht vorhanden gewesen sein kann. Denn da wir einerseits sehen, dass alle Silicate durch die Einwirkung der Kohlensäure endlich zerstört und in Kaolin und Thon übergeführt werden, so ist andererseits die Bildung von Silicaten bei Gegenwart an freier Kohlensäure undenkbar. Aber auch in reinem Wasser sind die kohlensauren Verbindungen weit löslicher, als die Silicate der Erden und Metalloxyde, und es ist von dieser Seite nichts einzuwenden. Die Natur des krystallinischen Gesteins, welches sich bildet, hängt also allein von der Zusammensetzung der absetzenden Flüssigkeit ab. Es werden sich vorzugsweise krystallinische Verbindungen bilden, welche nach Proportionen zusammengesetzt sind, indem diese eine bestimmte Cohäsionsform haben. Können nun alle Stoffe nicht zu einem einzigen Mineral zusammenwachsen, wie z. B. zu reinem Feldspath, so lagern sie sich neben einander, und zwar in ge-

sonderten Krystallen, oder so feinkörnig, dass man die Gemengtheile nicht mehr unterscheiden kann. Es ist also in dieser Entstehungsart nicht die geringste Schwierigkeit vorhanden, dass sich gleichzeitig Silicate und Carbonate neben einander lagern können, während dies beim feurigen Wege absolut unmöglich ist. Niemals können diese Stoffe miteinander und nebeneinander im schmelzflüssigen Zustande bestehen, so wie denn auch niemals eine Spur kohlensauren Kalkes an der Form eines Hochofens ungestraft vorbeigegangen ist. Die Annahme, dass die gleichzeitige Schmelzung vermöge des hohen Druckes dennoch möglich wäre, kann nicht Platz greifen, da die wirklich geschmolzenen Gesteine der Vulkane niemals kohlensauren Kalk in feiner Vertheilung enthalten.

Die rothen Laven der Eifelvulkane enthalten keine Spur kohlensaurer Erden mehr, und es ist wahrscheinlich, dass dieselben vor ihrer Schmelzung eisencarbonathaltige Basalte waren. Die Mühlsteinlava ist sichtbar nicht oxydirt und hat noch eine graue Farbe, welche aus der Porosität des ursprünglich dunkeln Noseangesteines abzuleiten ist. Dagegen sind die Krotzen des Kamillenberges dunkelroth gebrannt. Hier ist das kohlensaure Eisenoxydul im Glühen durch den Wassergehalt theilweise oxydirt worden, und dadurch die rothe Farbe entstanden. Der Kamillenberg hat keinen Krater; die Schmelzung geschah tief in der Erde und die Bergspitze ist durch Entblösung im Laufe der Zeit entstanden.

Das eigenthümliche Verhalten des Spatheisensteins in der Wärme gibt eine Andeutung über die Entstehung der Laven der spatheisensteinhaltenden Melaphyre. Durch Glühen verliert das natürliche kohlensaure Eisenoxydul nach starkem Verknistern 36,2 $\frac{0}{0}$ flüchtige Stoffe und es bleiben 63,8 $\frac{0}{0}$ feste Stoffe übrig. Das entwickelte Gas besteht aus Kohlensäure und Kohlenoxydgas mit wechselnden Verhältnissen im Verlaufe der Glühung. Die Zersetzung beginnt mit Entwicklung eines Gases, welches 11,7 Volum Kohlensäure gegen 1 Vol. Kohlenoxydgas enthält, steigt dann rasch bis zum Verhältniss 13,5 : 1, nimmt dann wieder ab, so dass das Verhältniss 3 : 1 wird, und im Durchschnitt ist es wie 5,5 : 1. Der Glührückstand besteht aus 4 At. Eisenoxydul und 1 At. Eisenoxyd*). Das entwickelte Kohlenoxydgas ist ein permanentes Gas, welches durch keinen Druck bis jetzt verdichtet worden ist. Während die Plutonisten das kohlensaure Gas im Schmelzflusse durch Druck wollen zusammenhalten lassen, haben sie die unvermeidliche Bildung des Kohlenoxydgases gar nicht beachtet. Es bedarf also keines ferneren Beweises, dass ein Gestein, welches Spatheisenstein als innigen Gemengtheil und nicht als Infiltrat enthält, niemals geschmolzen gewesen sein kann.

Die Thatsache, dass kohlensaures Eisenoxydul durch Glühen Kohlenoxydgas entwickle, ist schon von Döbereiner beobachtet, und von Glasson bestätigt worden. Auch der sphärosiderithaltige Basalt von

*) Die ganze Zersetzung ist in der Formel ausgedrückt:
$6(FeO, CO_2) = 4FeO + Fe_2O_3 + 5CO_2 + CO$. Ann. Chem. u. Pharm. 62,89.

Alte-Birke entwickelte Kohlenoxydgas, wie Bischof fand. Jedoch erklärte er die Erscheinung dadurch, dass er den Kohlenstoffgehalt des Basaltes als Reductionsmittel ansah (Geologie 1. Aufl., II, S. 800). In der Anmerkung auf S. 812 sagt er: „In allen diesen Fällen scheint die Gegenwart von kohlenstoffhaltigen Substanzen die Ursache der Kohlenoxydgasentwicklung zu sein; wir können wenigstens keine andere finden." Eine andere Ursache ist aber vorhanden, und zwar in dem kohlensauren Eisenoxydul, welches die Kohlensäure in der Glühhitze zerlegt ausgibt. Denn einerseits enthalten reine Spatheisensteine keine kohlenstoffhaltige Substanzen, und andererseits zeigen die geglühten Spatheisensteine immer einen merklichen Gehalt an Eisenoxyd. Wäre Kohlenstoff die Ursache der Reduction, so müsste reines Eisenoxydul übrig bleiben, was niemals der Fall ist, auch wenn man die geglühten Spatheisensteine in einem Strom von kohlensaurem Gas mit Salzsäure löst. Bei der Bildung des Spatheisensteins war die Abwesenheit von Sauerstoff die Bedingung der Bildung, da organische Stoffe, auch gleichzeitig vorhanden, die Oxydation des Eisenoxyduls nicht verhindern, wenn Sauerstoff gegenwärtig ist. Beim Glühen von Wasser und kohlensaures Eisenoxydul haltigen Basalten kann aber zugleich Wasserstoffgas und Kohlenoxydgas die Ursache der Aufblähung sein, und in diesem Falle würde die Schlacke weit röther werden, von mehr gebildetem Eisenoxyd. Ueber die Gegenwart organischer Stoffe im Basalt liegen bis jetzt keine Beweise vor, obgleich sie natürlich vorhanden sein können.

Die Melaphyre von Niederkirchen in Rheinbayern enthalten Gänge von kohlensaurem Kalk, welche sich bis zur Papierdicke verzweigen. Leonhard hat dieselben im Jahre 1837 (Jahrbuch 1837, S. 641) beschrieben. Bischof*) ist der Ansicht, dass diese Gänge aus dem Kalkgehalt des Melaphyr's durch Zersetzung mittelst atmosphärischer Kohlensäure entstanden seien, wobei also der Kalk aus den Silicaten abstammen soll. Diese Ansicht ist nach obigen nicht zulässig, vielmehr enthält der Melaphyr schon kohlensauren Kalk als Gemengtheil, und von diesen ist ein Theil ausgezogen und in der Gangspalte abgesetzt worden. Bischof**) fand an dem Melaphyr des Alsenzthales oberhalb Alt-Bamberg, dass die weniger verwitterten Gesteine, in denen man die Gemengtheile noch unterscheiden konnte, mit Säuren stark brausten, die mehr verwitterten, fast erdig und ockerfarben gewordenen aber nicht, oder doch nur da, wo sie weniger verwittert waren, und er sagt, dass aus dem ganz verwitterten aller durch Zersetzung entstandene kohlensaure Kalk durch die Gewässer fortgeführt worden wäre. Dies bestätigt meine oben ausgesprochene Ansicht, dass der durch Zersetzung frei werdende kohlensaure Kalk durch Wasser fortgeführt werde und widerlegt Bischof's eigne Ansicht, indem daraus hervorgeht, dass der im Melaphyr sitzende kohlensaure Kalk gar nicht von Zersetzung

*) Geologie 2. Aufl. I, S. 850.
**) Geo ogie 1. Aufl. II, 1, 619.

herrührt, sondern ursprünglich im Melaphyr enthalten ist, denn sonst konnten die unverwitterten Stücke nicht mehr brausen als die verwitterten.

In den Basalten des Siebengebirges finden sich zahlreiche Vorkommnisse von Kalkspath in Drusen und Klüften, welche in gleicher Art erklärt werden müssen, da diese Basalte alle kohlensauren Kalke enthalten. Der kohlensaure Kalk ist der am leichtesten lösliche Bestandtheil des Melaphyrs, wird also am leichtesten ausgezogen und in Gangspalten abgesetzt. Ganz dieselbe Erscheinung wiederholt sich bei dem oben angeführten Diorit von Boppard, worin auch Kalkspathgänge von 6 Zoll Mächtigkeit vorkommen, und wo ebenfalls der unverwitterte Stein mehr Kohlensäure enthielt, als der verwitterte. Wir werden in der Säulenform des Basaltes noch einen ferneren Beweis finden, dass das kohlensaure Eisenoxydul ursprünglich bei der Bildung des Basaltes mit vorhanden gewesen sein muss.

Entstehung krystallinischer Gesteine auf nassem Wege.

Die bedeutendste Frage der Geologie dreht sich um die Art der Entstehung der krystallinischen Mineralien und Gesteine. Die zwei grossen Partheien der Geologen trennen sich je nach einer Annahme der Bildung auf trocknem oder nassem Wege. Die Entstehung eines Krystalles auf trocknem Wege erklärt man durch das Bestreben der gleichartigen Theilchen sich nach inwohnenden unbekannten Eigenschaften in bestimmten Formen anzuordnen. Die Chemie liefert uns eine Menge Belege dazu. Der gewöhnliche Gang ist Schmelzung und langsames Erkaltenlassen. Die Wärme bedingt die nöthige Beweglichkeit der Molecüle. Die Krystallisation des Schwefels, des Wismuthes, des Schwefelbleies u. a. durch Schmelzen und Erstarren sind Fälle dieser Art. Bei der Erklärung müssen wir uns mit den obigen sehr unklaren Begriffen behelfen, so lange wir über das Wesen der Materie, über die Art des Bestehens der kleinsten Theile keine Kenntniss haben. Prof. Bischof, welcher in seiner chemischen Geologie die ausgedehnteste Anwendung von dem nassen Wege macht, spricht sich über die Art des Vorganges nicht näher aus.

Wir finden in der Erde kein anderes Lösungsmittel als das Wasser. Es ist der einzige binär zusammengesetzte Körper, welcher bei mittlerer Temperatur und solchen Graden, die wir in der Erde antreffen, flüssig ist. Die Lösungskraft desselben mag in einzelnen Fällen durch andere Stoffe, Kohlensäure, kohlensaures Natron, Kochsalz etc. vermehrt werden, allein diese Körper können nicht als Lösungsmittel angesehen

werden, da sie selbst erst der Lösung in Wasser bedürfen, und für sich allein nicht flüssig sind. Demnach bleibt uns das Wasser als einziges und ausschliessliches Lösungsmittel übrig.

Die Schwierigkeiten in der Erklärung der Bildung grosser Krystalle lag für den Chemiker immer in der Unlöslichkeit der Stoffe im Wasser. Bei seinen Versuchen gelang es ihm niemals schwerlösliche Stoffe, wie Kieselerde, Schwerspath, kohlensauren Kalk, Flussspath in Form ansehnlicher Krystalle darzustellen; ja er war aus seinen analytischen Operationen gewöhnt, die meisten dieser Körper als ganz unlöslich zu betrachten. In Ansehung der Mengen des Lösungsmittels und der Zeit ihrer Wirkung mussten ihm diese Stoffe als ganz unlöslich erscheinen. Dennoch deuten alle Beobachtungen darauf hin, dass keiner dieser Stoffe vollkommen unlöslich ist. Die dem Chemiker zu analytischen Bestimmungen so willkommenen Stoffe, wie der schwefelsaure Baryt, der kleesaure Kalk, die phosphorsaure Ammoniak-Bittererde, erscheinen aus verdünnten Lösungen gebildet schon für das unbewaffnete Auge als krystallinisch. Der kleesaure Kalk zeigt im Umschwenken der Flüssigkeit ein eigenthümliches Flittern, das Bittererdetripelsalz erscheint aus grossen und sehr verdünnten Flüssigkeiten entstanden in oft millimetergrossen Krystallen. Diese letzte Verbindung fand sich in den Hamburger Kloaken in grossen deutlich ausgebildeten Krystallen unter Umständen, die keine andere als eine Bildung auf nassem Wege zuliessen. In chemischen Laboratorien und Fabriken sind oft durch Zufall Krystalle von schwer löslichen Körpern entstanden, die man künstlich nicht darstellen konnte. Man entnahm daraus wenigstens den Beweis, dass auch schwerlösliche Körper unter gewissen Bedingungen zu grösseren Krystallen anwachsen können. Der praktische Chemiker hat die Ansicht, dass man schöne Krystalle niemals erhält, wenn man darauf wartet. Man muss die Stoffe vergessen, damit einem die Zeit nicht lang werde; kommt man nun zufällig wieder hinzu, so findet man oft Krystalle, wie man sie nicht erwartet hatte. Auf solche langsam und lange wirkende Vorgänge gründen sich die Versuche von Mace*), Drevermann**), Vohl***), Kuhlmann†) Krystalle von schwerlöslichen Stoffen, wie chromsaures Bleioxyd, kohlens. Kalk, kohlens. Bleioxyd, phosphorsauren Kalk u. a. darzustellen. Alle diese Versuche haben einen entsprechenden Erfolg gehabt und deutliche, mit freiem oder bewaffnetem Auge erkennbare Krystalle zu erzeugen. Dass dieselben nicht gross waren, darauf kommt es nicht an, die Thatsache ist auch so genügend beweisend. Dem Chemiker steht die Zeit nicht zu Gebote, um solche Wirkungen zu erreichen. Die Bedingungen bleiben darum dieselben. Es hat auch gar kein weiteres Interesse die Ver-

*) Compt. rendu 36,825.
**) Annal. der Chem. u. Pharm. 89,11.
***) Annal. der Chem. u. Pharm. 88,144.
†) Compt. rendu 42,374.

grösserung dieser Krystalle abzuwarten, wenn einmal die Thatsache feststeht. Dass lange Zeiträume dazu gehören, liegt auf der Hand, denn die Flüssigkeit ist unter allen Umständen bei schwerlöslichen Stoffen sehr verdünnt, und der Ortswechsel der Stoffe darf nicht schneller vor sich gehen, als dass die gebildeten neuen Verbindungen für sich allein noch in Lösung bleiben können und nur in Berührung mit ihres Gleichen die flüssige Form verlieren.

Die Unlöslichkeit oder Schwerlöslichkeit der Körper ist ein Resultat des Kampfes zweier Kräfte; die eine ist die chemische Verwandtschaft des zu lösenden Körpers zum Lösungsmittel; die andere eine Flächenanziehung oder die Cohäsion des Körpers zu festen Theilen seiner selbst oder zu andern festen Körpern. Wenn diese Flächenanziehung fehlt, so bleiben häufig die schwerlöslichsten Körper in Lösung.

Wenn in einer sehr verdünnten Lösung Schwefelsäure und Baryt zusammen kommen, so entsteht nicht sogleich ein Niederschlag. Die ganze Menge des schwefelsauren Baryts bleibt gelöst. Lässt man die Flüssigkeit stehen, so bildet sich allmälig ein Niederschlag und dieser reisst den gelösten Theil durch Flächenanziehung auf sich nieder, so dass nach längerer Zeit nur jenes Minimum von schwefelsaurem Baryt gelöst bleibt, welches die Unlöslichkeit dieses Salzes in den Lehrbüchern der Chemie bezeichnet. Es ist dies also das Product aus der Verwandtschaft des schwefelsauren Baryts zu Wasser, weniger der Anziehung des festen schwefelsauren Baryts zu dem gelösten. Dieser Körper hat also eine ganz andere Löslichkeit für sich allein als bei Gegenwart vor bereits ausgeschiedenen.

Der Erfahrung des analytischen Chemikers spricht ganz dafür; man muss entweder die Flüssigkeit längere Zeit nach dem Niederschlage stehen lassen, oder man muss durch Schütteln die allseitige Durchdringung und Berührung der Flüssigkeit mit dem festen Körper befördern. Im ersten Falle entstehen grössere und weniger Krystalle, im letztern Falle kleinere und zahlreichere. Es ist bekannt, dass ein frisch erzeugter Niederschlag von schwefelsaurem Baryt trüb durch das Filtrum rinnt, dass, wenn er aber längere Zeit in der Flüssigkeit gestanden hat, es sich ohne Verlust auf dem Filtrum sammeln lässt. Dies spricht entschieden für ein allmäliges Wachsen der Krystalle. Die kleineren Krystalle lösen sich auf und setzen sich an die grösseren an, welche nun nicht mehr durch die Poren des Filters gehen.

Hier tritt uns eine andere Erscheinung entgegen, die von der grössten Bedeutung ist. Wenn in einer Flüssigkeit noch von dem Stoffe gelöst ist, von dem auch schon ein Theil ausgeschieden ist, so findet eine ununterbrochene Bewegung der Flüssigkeit statt, bis sich der Stoff in der Lösung auf sein letztes Minimum vermindert hat, welches seine Unlöslichkeit bezeichnet. Allmälig treten alle Theile der Lösung an die bereits gebildeten Krystalle heran und setzen den Ueberschuss an diese ab. Erst dann kommt die Flüssigkeit zur Ruhe, wenn sie in allen

Schichten dieselbe Zusammensetzung angenommen hat. Man nennt diesen Vorgang Diffusion und seine letzte Ursache ist eine chemische Ungleichartigkeit. Berühren sich zwei Flüssigkeiten von ungleicher Zusammensetzung oder ungleicher Concentration, so tritt auch ohne Krystallbildung diese Bewegung ein, bis die Flüssigkeiten innig gemengt sind. Die Krystallbildung ist aber selbst eine Ursache, welche eine solche Diffusion veranlasst. Die den Krystall berührende Schichte der Lösung setzt an diesen einen Theil ihres Stoffs ab, wird dadurch ärmer und ungleichartig mit der andern; sie fängt also an zu diffundiren, macht neuer gesättigterer Lösung an dem Krystall Platz, die dann ihrerseits an dem Krystall wieder Verluste erleidet. Nothwendig ist die den Krystall berührende Schicht ärmer und im Allgemeinen specifisch leichter, als die gesättigtere. Die Diffusion kommt rasch zu Stande, wenn das specifische Gewicht günstig wirkt, aber langsam, wenn es dagegen wirkt, zuletzt aber findet eine vollständige Durchdringung statt. Man kann die Erscheinung der Diffusion in krystallisirenden Salzlösungen mit Leichtigkeit beobachten.

Lässt man salpetersaures Bleioxyd in einem hohen cylindrischen Glase krystallisiren, so bemerkt man, wie am Boden von der Spitze eines jeden Krystalles eine leichtere Salzlösung sich schlierenartig in die Höhe bewegt. Bei der grossen lichtbrechenden Kraft dieses Salzes sieht man die Erscheinung besonders schön, wenn man im Dunkeln ein Licht hinter das Glas hält. Bei sehr langsam krystallisirenden Salzen wird man es weniger bemerken, allein die Diffusion findet doch statt. Im vorliegenden Falle erklärt sich die Erscheinung leicht durch den Unterschied des specifischen Gewichtes. Nach kurzer Zeit ist alles Salz herauskrystallisirt, was sich in Berührung mit den Krystallen nicht in Lösung halten konnte. Hängt man aber einen Krystall desselben Salzes auf der Oberfläche auf, so dauert die Ausscheidung viel länger, weil nun das specifische Gewicht entgegen wirkt; die ihres Gehaltes beraubte Lösung ist leichter geworden und bleibt auf der schwereren liegen, die nun nicht an den Krystall kommen kann. Aber zuletzt geschieht es dennoch durch Diffusion, nur in längerer Zeit. Es muss also zur Diffusion noch eine andere Ursache neben dem specifischen Gewichte wirksam sein und diese ist: ungleiche Beschaffenheit der Flüssigkeit. Bei den Gasen haben wir dieselbe Erscheinung, mögen dieselben durch eine capillare Röhre oder poröse Membran in Berührung stehen: Ruhe kann nicht eher eintreten, bis überall gleiche Mischung statt findet. Es ist sogar fraglich, ob jetzt Ruhe eintritt, nur kann die Bewegung nicht mehr nachgewiesen werden, weil Alles gleichartig ist. Die Erscheinung der Diffusion ist die wesentlichste Bedingung zur Bildung krystallinischer Mineralkörper und in letzter Instanz, der Hebung der Gebirge. Sie allein verändert den Ort des Stoffs im Innern der Erde und das Lösungsmittel ist ausschliesslich Wasser. Die Kraft, womit sich der gelöste Körper an den bereits verdichteten ansetzt, ist die grösste, welche wir in der

Natur kennen. Jeder sich bildende und wachsende Krystall kann die grösste Gewalt ausüben, jedes Gefäss sprengen, in dessen Substanz er eindringt. Eine dünne Schichte Mörtel an der Dirschauer Eisenbahnbrücke hat den ganzen Pfeiler und die ungeheure Last des eisernen Gitters gehoben. Ein Stückchen sich nachher löschender Kalk sprengt eine Mauer auseinander.

Wenn wir von den einfachsten Fällen ausgehen, so erleichtern wir uns das Begreifen der verwickelteren. Es liegt ausser allem Zweifel, dass der Kalkspath durch Absatz aus einer wässerigen Lösung sich gebildet habe, und dabei ist sehr häufig der Fall einer Lösung in kohlensaurem Wasser ausgeschlossen, weil sich gleichzeitig Silicate, wie in den Melaphyren, absetzten. Der Stoff wird an einer Stelle genommen und an einer andern abgesetzt. Es sprechen auch alle anderen Zeichen für die nasse Bildung des Kalkspathes; das eingeschlossene Wasser, die Lagerung auf Silicaten, auf Quarz, auf Schwefelmetallen. Eine gleiche Bildung müssen wir dem schwefelsauren Baryt, kohlensaurem Eisenoxydul, dem Gypse, überhaupt allen einfachen binären Verbindungen zuschreiben.

Ueber die Entstehung des Bergkrystalls, des Quarzes, des Feuersteins auf nassem Wege, herrscht kaum noch ein Zwiespalt unter den Erdkundigen. Sein hohes specifisches Gewicht, seine 80 Einschlüsse von leichter schmelzbaren Mineralien, die theils durch Hitze selbst verändert werden, theils sich mit der Kieselerde verbinden würden, darunter Turmalin, Amianth, Glimmer, Chlorit, Kalkspath, Stilbit, Strahlstein, Rutil, gediegen Silber, Eisenglanz, Magneteisen, Antimonglanz, Rothgültigerz, Eisenkies, Arsenkies und Wassertropfen mit beweglicher Luftblase, sprechen absolut dafür, und lassen dem andern Wege nicht die geringste Wahrscheinlichkeit. Der Feuerstein in der Kreide ist krystallinische Kieselerde von dem hohen specifischen Gewichte. Seine Entstehung gibt uns das schönste Beispiel einer Vereinigung von gleichartigen Stoffen durch Diffusion. In dem meerigen Kalkabsatz sind die Schalen der Thiere mit den Kieselzellen der gleichzeitig abgestorbenen Diatomeen gemengt. Diese Kieselpanzer bestehen nach der Untersuchung aus amorpher Kieselerde von dem spec. Gewichte 2,2. Es entsteht eine Kieselerdelösung inmitten der Kalkschaleu, welche unter günstigen Bedingungen der Anfang einer Bildung von krystallinischer Kieselerde macht. Diese Veranlassung kann ein Sandkorn sein, welches durch eine Wasserströmung, vielleicht auch durch ein vom Lande her kriechendes Thier abgesetzt worden ist. Beide Fälle würden die Bildung der Feuersteine in horizontalen Lagen bedingen, die auch so häufig beobachtet wird. Der beginnende Kern von dichter krystallinischer Kieselerde legt die in Lösung befindliche Kieselerde aus dem vollkommen flüssigen und beweglichen Zustande als wasserleere, krystallinisch geordnete auf sich nieder. Indem er wächst, beraubt er die ihn umgebende Flüssigkeit ihres Gehaltes an Kieselerde. Dadurch entsteht Diffusion, neue Lösung tritt hinzu, die verarmte Flüssigkeit berührt neue amorphe Kieselerde, löst

diese auf und erreicht durch die Diffusion von neuem den Feuerstein. In dieser Weise wächst der Feuerstein concentrisch, während sich alle in der Kreideablagerung befindliche Kieselerde an wenigen Stellen sammelt. Es ist bekannt, dass diejenige Kreide die weichste und zarteste zum Schreiben ist, welche Feuerstein enthält, weil sie ihrer Kieselerde beraubt ist. Den Raum schafft sich der Feuerstein durch Druck nach aussen, da auch die Lagen um ihn herum durch Entziehung der Kieselzellen lockerer werden. Der Bergkrystall bildet sich in Spalten, Hohlräumen, Drusen am schönsten aus, wo seiner Entwicklung kein räumliches Hinderniss entgegensteht. Der Stoff kommt aus dem nebenstehenden Silicatgestein, oder auch aus grösserer Ferne her. Beim Wachsen hüllt er vorhandene Krystalle ein, zerbricht sie auch wohl und umschliesst die Trümmer (Turmalin), oder legt sich an vorhandene Krystalle sanft an, so dass er Eindrücke von diesen zeigt, wenn diese Krystalle nachher verschwunden sind.

Reine Kieselerde scheint auf nassem Wege nicht auf kohlensauren Kalk zersetzend einzuwirken. Dies beweist die Bildung der Flintknollen inmitten der Kreide und das vielfache Ueberkrystallisiren von Bergkrystall auf Kalkspath und umgekehrt. Wenn aber bereits in der Kieselerdelösung andere Stoffe zu einem Silicat gelöst sind, so findet die zersetzende Einwirkung statt und es entsteht dann Grünsand, Schalstein, Kalkglimmerschiefer, u. a. Wir haben eine ganz ähnliche Erscheinung in der Chemie. Wässrige Blausäure kann allein die Kohlensäure aus den Carbonaten von Nickeloxydul, Kobaltoxydul, Kupferoxyd nicht austreiben; ist ihr aber Cyankalium beigemischt, so treibt die Blausäure die Kohlensäure, wie eine starke Säure aus. Ebenso werden kohlensaures Nickeloxydul und kohlensaures Kali mit einander gemengt durch Blausäure leicht zersetzt, während jedes einzelne Carbonat nicht davon angegriffen wird.

In den Spalten des Thonschiefergebirges bildet sich die krystallinische Kieselerde so rasch, dass sie häufig trüb und ohne deutliche Spaltungsflächen entsteht. Die Quarzgänge zerbrechen und bilden abgeschliffen die runden Rollsteine, die wir in Flüssen, Bächen und auf Feldern finden. Beim Zerschlagen zeigen sie oft im Innern Ansätze von Bergkrystall.

Rammelsberg sagt (Pogg. 112,180), dass wir ganz und gar nicht die Umstände kennen, welche die Bildung der krystallisirten und amorphen Kieselsäure veranlasst haben.

Dieser Unterschied scheint gar nicht schwierig zu finden zu sein. Die Kieselerde wird krystallinisch, wenn sie sich aus vollständiger Lösung unmittelbar in wasserleerer Form absetzt; sie wird amorph, wenn sie sich erst als Hyderat ausscheidet, und dann den Wassergehalt verliert, nachdem eine fernere Anordnung der Theile schon nicht mehr möglich war. Dies beweist die Natur des Opals und der künstlich dargestellten hydratischen Kieselerde. Sie sind und bleiben amorphe

Kieselerde von dem spec. Gew. 2,2 und durch Glühen verlieren sie zwar ihr Wasser, aber nicht ihre Eigenschaft, sich leicht in Aetzkali und Flusssäure zu lösen. Kieselerde gelöst ist ein Krystalloïd, und Kieselerdehydrat ein Colloïd nach Graham's Bezeichnung.

Im Chalcedon, Feuerstein finden abwechselnde Ausscheidungen von wasserleerer krystallinischer und wasserhaltiger amorpher Kieselsäure statt. Fuchs in München hat solche opalreiche Gemenge beschrieben. ½ Jahr in Kalilauge aufbewahrt, hatten sie ein Skelett hinterlassen, welches sich wie Quarz verhielt.

Aus den Versuchen von Rammelsberg (Pogg. 112,182) ergibt sich, dass auch dichter Quarz nicht ganz unlöslich in Kalilauge ist. Ob derber weisser Quarz ganz krystallinisch ist, kann nicht behauptet werden und ist deshalb der schliessliche Verlust von 7¾ % an Kalilauge erklärlich. Der Hyalith von Walsch in Böhmen gab sich durch sein spec. Gew. von 2,185 als amorph zu erkennen, und hinterliess beim Kochen mit Aetzkalilösung (⅓ Kali) 9,66 % Rückstand.

Halbopal von Groschan in Schlesien hinterliess 7,21 % Rückstand. Die bräunlichen Bestandtheile, welche 10 % Thonerde und 3,6 % Bittererde enthielten, hinterliessen beim Behandeln mit Kalilösung erst 39 %, dann 29, zuletzt 18 % Rückstand. Dies ist ebenfalls erklärlich, denn obgleich Kieselerde und Thonerde einzeln in Kalilösung löslich sind, so ist es doch nicht ihre Verbindung. Vermischt man eine kalinische Lösung von Kieselerde mit einer ähnlichen von Thonerde, so fällt ein Niederschlag von der Zusammensetzung des Leucits heraus.

Kieselsäure vom Geyser in Island löste sich bis auf einen Rest von 4,8 %, der wie Eisenoxyd aussah.

Chalcedon, von spec. Gew. 2,567, löste sich in 4 Operationen bis auf 6,12 % (vergl. oben S. 14), Chrysopras aus Schlesien, vom spec. Gew. 2,623, löste sich in 3 Operationen bis auf 49,41 %. Feuerstein, vom spec. Gew. 2,614 und 2,598 löste sich in Kalilauge nach 2 Operationen bis auf 6,62 %; Feuerstein aus der Kreide von Rügen dagegen in 5 Operationen nur bis auf 26,6 % Rest.

Von Kobell hatte bemerkt, dass sich die dichten Kieselsäuremassen von Achat und Chalcedon durch Flusssäure sehr ungleich ätzen. Wenn nun Rammelsberg glaubt, dass die Annahme, diese Massen seien im Gemeng von Quarz und Opal, nicht gerechtfertigt sei, so ist auch dieser Schluss nicht absolut nothwendig, sondern in einer andern Form aufrecht zu halten.

Der geschwächte Angriff von Aetzkali und Flusssäure auf krystallinische Kieselerde, rührt offenbar von der grösseren Cohäsion. Er ist am geringsten bei durchsichtigem reinen Bergkrystall und nimmt zu mit der Porosität bei Achat, Chalcedon, Feuerstein. Der chemische Angriff wird vermehrt durch Glühen der kieseligen Massen, indem dadurch zugleich die Cohäsion und die Dichtigkeit abnimmt; ebenso wird er vermehrt durch feines Pulvern, was doch nur eine mechanische Zer-

störung eines Theils der Cohäsion ist. Es ist deshalb die krystallinische Kieselerde aus Bergkrystallpulver nicht absolut gegen Aetzkali und Flusssäure geschützt, sondern nur bezüglich ihrer Dichtheit und Cohäsion. Das spec. Gewicht hängt nicht vollkommen mit der Cohäsion zusammen, denn es wird durch Pulvern in den meisten Fällen erhöht. Es ist also denkbar, dass bei gleichem spec. Gewicht ungleiche Cohäsionszustände statt finden können. Die kleinste Menge gleichförmig dazwischen gelagerter amorpher Kieselerde kann durch Auflösung in Kalilösung eine sehr grosse Vertheilung und Oberflächenwirkung veranlassen. So hinterliess ein Chalcedon, von 2,567 spec. Gew. durch 4malige Behandlung mit Kalilösung nur 6,12 $\frac{0}{0}$ Rest. Sein etwas geringes specifisches Gewicht deutet auf einen Gehalt an amorpher Kieselerde, während der Chrysopras aus Schlesien bei 2,623 spec. Gew. in 3 Operationen noch 49,41 $\frac{0}{0}$ Rest hinterliess. Alles dies ist sehr übereinstimmend und ist nur eine Erweiterung der Angabe Heinrich Rose's, dass die krystallinische Kieselerde fast gar nicht, die amorphe sehr leicht löslich in Kali und Flusssäure sei. Im allgemeinen bleibt dieser Satz auch fest stehen, und findet in dem Verhalten des Bergkrystalls, der geschmolzenen Kieselerde, der Infusorienpanzer seine volle Bestätigung. Aber auch noch andere Thatsachen sprechen dafür, dass die Kieselsäure durch Erhitzung in den amorphen Zustand übergehe. Ist die krystallisirte Kieselsäure rein, so erfordert sie zu diesem Uebergange eine starke Weissglühhitze oder noch besser die Schmelzhitze des Quarzes. Ist sie aber mit Basen verbunden, so reicht eine weit geringere Temperatur dazu hin.

Bis hierhin haben wir solche Fälle betrachtet, wo der Stoff einfach in Lösung kommen konnte. Bei den verwickelteren Fällen müssen wir noch andere Bedingungen annehmen, und so kommen wir endlich auf die Entstehung des wichtigsten Minerals, des Feldspathes, welches durch seine Bildungsweise den Ausschlag für die ganze Erde gibt, da er ein nie fehlender Bestandtheil aller Silicatgebirge ist.

Bildung des Feldspathes, Hebungstheorie.

Der Feldspath muss in der oben entwickelten Weise auf nassem Wege entstanden sein. Es sind in der Natur zwei Wege seiner Entstehung angedeutet: einer, eine Metamorphose von vorhergegangenem kohlensaurem Kalk durch Infiltration von Silicatlösungen, der andere vollständige Absetzung des Feldspaths aus einer wässrigen Lösung. Der erste Fall wird unterstützt durch die Vorkommnisse von halb veränderten Kalkgebirgen, welche bereits Feldspath enthalten. Volger hat eine Stufe beschrieben, wo in eisenhaltigem Kalkspathe (Ankerit) un-

zählige Periklinkrystalle entstanden waren. Der kohlensaure Kalk ist allmälig verdrängt und durch Feldspath, Quarz und Glimmer ersetzt worden. Allein auch hier sind wir genöthigt, die Lösung der Thonerde anzunehmen, obgleich wir bis jetzt das Lösungsmittel für Thonerde noch nicht gefunden haben. Man hat früher Werner den Vorwurf gemacht, dass er die Bildung des Basaltes und Granites durch Absetzung aus einer wässrigen Lösung erklärt habe, während doch diese Mineralien in Wasser nicht löslich seien. Der Unterschied der Werner'schen Anschauungsweise gegen die neuere neptunische ist sehr bedeutend. Werner musste den Basalt gänzlich in Wasser gelöst annehmen, um ihn oberirdisch, wo er jetzt auftritt, absetzen zu lassen, etwa wie Salpeter und Alaun aus wässriger Lösung. Bei der entschieden geringen Löslichkeit dieser Silicate in Wasser wäre dazu das Lösungsmittel nicht vorhanden und die Verdampfung des Lösungsmittels nicht erklärt gewesen. Wenn wir uns den Feldspath als mit allen seinen Bestandtheilen in Lösung denken, so nehmen wir diese Lösung als eine ungeheuer verdünnte an, und in einer Diffusion mit jener Stellung begriffen, wo die Stoffe aus einer andern Mischung gelöst werden können. Hat sich nun durch Berührung von Kalk oder auch ohne diese ein Anfang eines Feldspathkrystalles gebildet, so ist dieser der Mittelpunkt, wo die sehr verdünnte Feldspathlösung ihren Antheil an gelöster Substanz absetzt. Dadurch wächst der Krystall und die ihres Gehaltes beraubte Flüssigkeit diffundirt ununterbrochen mit jenen Stellen, wo neuer Stoff hergenommen werden kann. Zur Bildung des Krystalls gehört nur immer dieselbe kleine Menge Flüssigkeit, welche die Uebertragung von dem zu lösenden Körper auf den sich neu bildenden bewirken kann, also ohne allen Vergleich weniger als nach der Werner-schen Absetzungstheorie. Wenn die krystallbildende Flüssigkeit genau die Mischung des sich Ansetzenden hat, so wird der Krystall rein auftreten; wenn aber in der Flüssigkeit einzelne Stoffe in kleinen Mengen vorhanden sind, welche nicht zu dem neuen Körper verwendet werden können, so werden sich diese anhäufen, bis sie zuletzt zu einem andern Körper anschiessen. Sind z. B. in der granitbildenden Lösung Spuren von Bittererde, von Borsäure, von Kalk, von Eisenoxyd vorhanden, die nicht in den Feldspath eintreten können, so werden nach einem Absatze von Feldspath auch kleine Antheile von Glimmer, Turmalin, Hornblende oder Granat sich bilden, welche in gleicher Art die ihnen zugehörigen Stoffe an sich anziehen und eine Diffusion in ihrem Sinne hervorrufen. In dieser Art kann man sich nur das Auftreten dieser Einschlüsse durch die ganze Masse des Gesteins erklären und das Wachsen des Gesteins findet dann auf der untern Capillarspalte zwischen fester unbekannter Unterlage und dem darüber liegenden neuen Gestein statt. Enthielte zum Beispiel die Flüssigkeit die Bestandtheile des Feldspathes und ausserdem noch gewisse Mengen Eisenoxydul, Kalk und Kieselerde, so würde vorzugsweise Feldspath anschiessen, in kleinen eingestreuten Par-

tikeln aber auch Hornblende oder Augit sich bilden, und wenn diese Bildung in gleicher Art lange Zeit fortdauerte, so würde daraus ein Syenit mit regelmässig vertheilten Hornblendetheilchen entstehen. Man kann sich daraus die Mannigfaltigkeit der Gesteine erklären, welche aus verschieden zusammengesetzten Flüssigkeiten alle durch denselben Vorgang entstehen können. Wechselt im Laufe der Zeiten die Mischung der Flüssigkeit, etwa durch Erschöpfung an einem Bestandtheil, so nimmt das Gestein eine andere Mischung an, wie wir das so häufig dicht neben einander in demselben Gesteine wahrnehmen. Durch Schmelzfluss kann sogar diese einfache Erscheinung nicht erklärt werden, während sie nach unserer Ansicht nicht nur möglich, sondern sogar unvermeidlich erscheint.

Wenn wir in einem feldspathigen Gesteine Granate, Turmaline tief in die Masse versenkt finden, so können wir uns nicht vorstellen, dass sie sich nachträglich in der Feldspathmasse gebildet hätten; denn diese enthält nicht die nöthigen Stoffe (Eisenoxyd, Borsäure) und nicht den Raum. Es muss also die Bildung an der Gränze stattgefunden haben, wo der Raum durch die Ausdehnung der wachsenden Krystalle und die Hebung des überliegenden Gebirges geschafft wurde. Man sollte nun freilich vermuthen, dass Granat und Turmalin hier nur in Glimmerform (s. unten) auftreten könnten. Wenn aber der Feldspath auf der ganzen Capillarspalte gleichmässig wächst, so hebt dieser schon allein, und verschafft den kleinen Granat- und Turmalinkrystallen den hinreichenden Raum zum regelmässigen Wachsen. Werden diese aber nicht in dieser Art entlastet, dass die nebenstehenden Krystalle an der Hebung Theil nehmen, so treten Granat und Turmalin wirklich in Glimmerform auf. Wie weit die Wirkung der Diffusion gehe, kann man nicht bestimmen; allein nach den Seiten hin, wo die Flüssigkeit nicht zu steigen braucht, dürfte sie sich sehr weit erstrecken. Es liegt dann in dieser Thätigkeit die Ursache zur Hebung eines Gebirges und zur Senkung seiner Umgebung. Bildet sich eine Infiltration von der Seite her in eine bereits in Feldspathbildung begriffene Capillarspalte, so wird in dieser Granit entstehen und der Boden, welcher die Stoffe abgibt wird sinken. Die Kraft dieser Capillarwirkung ist grösser, als wir eine andere Kraft in der Natur kennen und schon Volger hat diese Kraft zur Hebung der Gebirge in Anspruch genommen. Es ist einleuchtend, dass zu diesen Umbildungen eines in Verwesung begriffenen Gebirges zu einem neu anwachsenden ungeheure Zeiträume erforderlich sind, dass dann aber auch die Erscheinung so eintritt, wie wir sie an den historisch sich hebenden Gebirgen beobachten. Während das Gebirge tief im Innern der Erde unendlich langsam wächst, wird es in der Höhe durch Verwitterung und Zermahlung wieder abgetragen. Der durch Verwitterung abgeriebene Gruss ist der Stoff, aus welchem das neue Gebirge an einer andern Stelle aus der Erde wieder emporwächst. In der ewigen Verjüngung besteht die Dauer der Erde.

Wächst ein Gebirge mehr im Boden, als es oben abgenagt wird, so steigt es in die Höhe; hat es aufgehört in die Höhe zu steigen, weil die Infiltrationen aufhörten, so wird es durch Verwitterung allmälig wieder dem Boden gleich gemacht und verschwindet. Ob die Alpen, die Pyrenäen, das Riesengebirge sich noch heben, und zwar mehr heben, als sie durch Verwitterung verlieren, können wir nicht entscheiden. Der feste Punkt, von welchem aus wir messen, das Meer, ist in ewiger Bewegung und es lässt sich seine Grenze nicht bestimmt feststellen; dann ist es überall von den Höhenpunkten weit entfernt, so dass ein Fehler von 10 bis 20 Fuss in der Höhe sehr leicht bei barometrischen und trigonometrischen Messungen eintreten kann. Wenn nun das Wachsen der Gebirge im Jahrhundert 4 Fuss beträgt, so dürften wir gar keine Aussicht haben, eine Höhenveränderung des Montblanc jemals mit Sicherheit gegen das nächste Meer bei Genua ermitteln zu können.

Dass zur Bildung der Silicate der Kalk nicht unumgänglich nöthig sei, wird auch durch andere Vorkommnisse bestätigt. Adularfeldspathe sitzen mitten auf durchsichtigen Kalkspathtafeln, ohne dass dieser Kalkspath im geringsten angegriffen wäre. Löst man die Adulare ab, so zeigen sie auf der Aufsitzstelle die Abdrücke der Linien, welche dem Kalkspath eigen sind, jene unter 60° sich schneidenden Linien der Rhomboederdiagonalen. Es sind also die Bestandtheile des Feldspathes bis mitten auf die Kalkspathtafel vorgerückt und es musste also auch die Thonerde in Lösung gewesen sein. Der Kalkspath bietet hier nur die Unterlage, wie ein jeder fremder Körper sie bieten konnte, ohne in der Substanz des Feldspathes durch Austausch oder Beitrag Antheil genommen zu haben. Sodann finden sich Feldspathvorkommnisse zwischen Bruchstücken von gerollten Sandsteinen, welche zwar schon früher bekannt, aber von Volger in ihrer Bedeutung erkannt wurden. Rollsteine von buntem Sandstein waren zerbrochen gegangen und in den Zwischenraum hatten sich Adulare und Quarze so angesiedelt, dass die beiden Bruchstücke wieder vereinigt wurden. Hier muss also der Feldspath ebenfalls als Ganzes in Lösung vorgekommen sein, weil der bunte Sandstein keinen Bestandtheil abgeben konnte. Sehen wir nun ferner, dass die Granite die höchsten Spitzen der Erde ausmachen, so müssen wir auch annehmen, dass sie aus dem tiefsten Innern der Erde nachwachsen, weil diese hohen Gipfel so sehr der Zerstörung durch Verwitterung und Gletscherdruck ausgesetzt sind. Wir können uns den Montblanc und den Dhawalagiri nicht anders in ihrer jetzigen Lage denken, als dass wir zugeben, dass sie schon ungeheure Verluste erlitten haben müssen, ehe sie ihre jetzige Höhe erreichen konnten. Dagegen sehen wir die Bildungen des kohlensauren Kalkes lediglich auf den Meeresboden beschränkt, man könnte sagen auf die Oberfläche der Erde, wenigstens der festen, und die Verschüttungen der Kalkgebirge kann nur durch Veränderung von Land und Meer durch Thonschiefer, Sand oder sonstigem Detritus des Festlandes geschehen. Es ist also kaum

einzusehen, wie der kohlensaure Kalk auf so ungeheure Tiefen kommen könne, als wir den Anfängen der Granite zutheilen müssen und demnach müssen auch die Feldspathbildungen ohne Mitwirkung von kohlensaurem Kalke statt finden können. Die Eigenschaften des neuen Gebilde hängen natürlich von ihren Bestandtheilen ab und daher die ungeheure Mannigfaltigkeit der Gesteine. Bittererde bedingt Unschmelzbarkeit, schlüpferiges, glimmeriges, seidenglänzendes Gefüge; Eisenoxydul und Kalk bedingen Sprödigkeit, schwarze Farbe; Thonerde und Kali bedingen Zähigkeit mit Härte u. s. w.

Man denke sich nun die Erde als eine Kugel von 2664 Millionen Kubikmeilen Inhalt aus verschiedenen chemischen Stoffen zusammengesetzt, und darin eine gewisse Menge Wasser vertheilt, welche lösend, zerstörend und wieder bildend wirken kann, und dass nun diese Stoffe in absoluter Ruhe und während unendlich langer Zeiträume nach einander wirken und sich nach Affinitäten, Krystallkraft, Cohäsion anordnen können, so erscheint es nicht wunderbar, dass sich daraus Erhöhungen von einer Meile erheben können. Die Unregelmässigkeit der Gestalt würde durch diese innere Thätigkeit unzweifelhaft eine weit grössere werden, wenn nicht das Meer durch die Regelmässigkeit seiner Form, in Verbindung mit den Eigenschaften des frierenden Wassers, diese Unebenheiten innerhalb sehr enger Gränzen hielte, als welche wir die höchsten Gebirge der Erde erkennen.

Wenn wir diese Umbildung neuer Stoffe mit Wechsel des Ortes bis zu einer bedeutenden Tiefe annehmen können, so wird einleuchten, dass sich ganze Welttheile allmälig aus dem Meere erheben und über dasselbe hinaussteigen, und dass solche, welche noch nicht erhoben sind, im Laufe der Zeit an die Reihe kommen müssen. Der Querschnitt von Südamerica bietet eine eigenthümliche Form dar. Die höchste Höhe, der Kamm der Cordilleren, liegt ganz nahe an der westlichen Küste. Von dort dacht sich das feste Land in Terrassen bis zu den Ufern des atlantischen Meeres ab. Die Quellen des Maranhon liegen etwa 20 geographische Meilen von dem Gestade des stillen Oceans ab, und der ganze Strom fliesst nach Osten über Brasilien in seiner weitesten Ausdehnung. Schon seit Anson's Zeit ist es bekannt, dass das Meer an der atlantischen Küste von Südamerica vom Ausfluss des La Plata bis zum Staatenland eine geringe Tiefe hat. Diese Beobachtung steht in einem merkwürdigen Zusammenhang mit einer andern von Darwin (Reisen, deutsche Uebersetzung I, S. 195), dass ganz Patagonien aus terrassenförmigen Ebenen bestehe. Die flachen Ebenen sind längs der ganzen Küste von senkrechten Klippen abgeschnitten, die von verschiedener Höhe sind. Jede der aufeinander folgenden Terrassen, die wie Stufen sich übereinander erheben, war einst Klippe am Meere. Die Ebenen laufen auf grosse Entfernungen und in derselben fast horizontalen Linie fort. Darwin fand durch Barometerbeobachtungen, dass diese Ebenen auf sehr grosse Längenausdehnungen von 600 engl. Meilen,

ganz horizontal sind. Er glaubte 7 bis 8 Terrassen deutlich unterscheiden zu können (l. c. S. 196). Obgleich diese Ebenen flach erscheinen, so erheben sie sich doch ein wenig zwischen dem Rande einer Terrasse und dem Fusse der folgenden. Die ganze Erhebung von 350 Fuss wurde in drei Stufen erreicht, eine ohngefähr 100 Fuss, die zweite mit ferneren 150 Fuss, und die dritte wiederum mit 100 Fuss Aufstieg. Häufige Reste von Seethieren fanden sich auf diesen 3 Ebenen zerstreut, besonders auf der untersten jüngsten. Die Muscheln waren in dieser Terrasse dieselben, wie sie jetzt noch im dortigen Meere vorkommen. Man kann also mit grosser Sicherheit annehmen, dass das ganze Land von Patagonien langsam aus dem Meere herausgestiegen ist. Darwin erklärt die Erscheinung der Terrassen, dass in diesen Hebungen längere Zeiten der Ruhe statt gefunden haben, worin das Meer durch die dauernde Wirkung die steilen Klippen gebildet habe. Es ist aber auch denkbar, dass der Meeresboden schon von früheren Vorgängen Stufen gehabt habe, die bei der gleichmässigen Hebung wegen des senkrechten Anpralls der Brandung von neuem scharf ausgebildet wurden.

Die geringe Meerestiefe an den Küsten von Patagonien lässt uns den Verlauf einer neuen Hebung vermuthen. Erst wird diese Meerestiefe in Reisewerken bemerkt werden; dann werden einzelne Schiffbrüche an solchen Stellen, die am meisten hervorragen, vorkommen, man wird die Küste als gefährlich verschreien, es treten einige Inseln heraus, die sorgfältig auf jeder neuen Karte bemerkt werden, diese vergrössern sich, vermehren sich, das Ufer wird unzugänglich für Schiffe es wird in den Karten als Sandbank gezeichnet und zuletzt als vollständiges Land. Geschieht dies nur langsam, so sind alle früheren Karten längst vergriffen und vernichtet und es ist ein neues Land entstanden, ohne dass ein Mensch es recht gewahr geworden ist. Es ist unglaublich, wie schnell solche Dinge aus dem Gedächtniss der Menschen kommen, und wenn die Veränderung nur langsam geschieht, so entgeht sie vollständig der Aufmerksamkeit. Es gibt noch gedruckte Abbildungen von Städten am Rhein, worauf sich eine Insel im Fluss befindet, die jetzt nicht mehr da ist. Man ist eher geneigt, diese Insel für einen Fehler des Zeichners zu halten, als ihre frühere Existenz zuzugeben. Das bestehende wird immer als von jeher bestehend angesehen und manche falsche Theorieen gründen sich auf diesen Irrthum.

Ein anderer Beweis von der sehr langsamen Hebung ganzer Länder liegt, ausser den directen Messungen in Schweden und Norwegen, in den Fluthlinien, welche an den Graniten von Norwegen auf Hunderte von Meilen beobachtet werden. Diese Linien des alten Meeresspiegels sind in ganz Norwegen vom Cap Lindenäs bis zum äussersten Nordcap durch Muschelbänke des heutigen Meeres bezeichnet, und von Bravais während eines langen winterlichen Aufenthalts in Bosekop aufs genaueste gemessen worden. Sie liegen bis 600 Fuss (Kosmos 1,313) hoch über

dem jetzigen mittleren Meeresstrande und erscheinen nach Keilhau und Eugen Robert auch dem Nordcap gegenüber an den Küsten von Spitzbergen.

Leopold von Buch glaubte, dass die älteren Hebungen am nordischen Meere zu einer andern Classe von Erscheinungen gehörten als das sanfte Aufsteigen des schwedischen Ufers am bothnischen Meerbusen. Es liegt nicht der entfernteste Grund zu dieser Annahme vor, da das sanfte Aufsteigen an beiden Ufern factisch nachgewiesen, das eruptive aber eine unbewiesene Fiction ist. Lyell hat im Jahre 1834 die in den Jahren 1820 und 1821 in Schweden gemachten Marken revidirt und darüber einen ausführlichen Bericht (Philosoph. Transact. 1835; Pogg. 38,64) abgestattet, aus welchem sich als Hauptresultat ergab, dass Hebungen stattfinden, die aber nicht an allen Stellen gleich sind. Zwei gut stimmende Beobachtungen ergaben fur Löfgrundet 3 Fuss auf ein Jahrhundert, und zu Marstrand 2 Fuss auf 64 Jahre, was beinahe dieselbe Grösse ist. Dies würde eine Hebung von $\frac{1}{3}$ Linie für ein Jahr ergeben. Es ist übrigens dabei auf den Barometerstand keine Rücksicht genommen, sondern nur auf Windstille. 1 Zoll mehr Barometerstand drückt das Meer um nahe 13 Zoll hinab.

Bei der Messung der norwegischen Linien ergab sich noch das merkwürdige Resultat, dass diese Linien in den Scheeren oder Fjords nicht horizontal verlaufen, sondern nach dem Lande zu steigen. Da sie nun bei ihrer ersten Bildung unstreitig horizontal waren, so folgt daraus, dass die Hebung nicht überall gleich war, sondern nach dem Kamme des Gebirges steigend, und von da nach dem Meere zu abnehmend, wodurch die Bildung des Gebirgszuges erklärlich wird.

Eine fernere wichtige Thatsache über die Bildung des Granits auf nassem Wege ist von Volger mitgetheilt worden. Die Eisenbahn nach Kiel machte die Sprengung grösserer Granitblöcke nothwendig, und da fand sich ein Granit, welcher runde Körner von noch schmierigem Asphalt eingeschlossen enthielt. Beim Zerschlagen entdeckte man immer neue Asphalttröpfchen an bisher umschlossenen Stellen. Einige Stücke davon, die ich Volger verdanke, zeigten beim Erhitzen in der Weingeistflamme zuerst einen starken Asphaltgeruch, dann traten weisse Rauchwolken aus und zuletzt brannten die aus dem Granit austretenden Gase mit leuchtender russender Flamme. Es ist absolut unmöglich, dass dieser Granit jemals zur Glühhitze erhitzt gewesen sei, da man auch jetzt mit jedem Stücke den Versuch nur einmal machen kann. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist dieser Granit aus der Metamorphose eines Stinkkalkes entstanden, welcher nach Entfernung seines Kalkgehaltes den in Flüssigkeiten unlöslichen Asphalt zu Tropfen zusammentreten liess, die dann von dem neugebildeten Granit umschlossen wurden. Es ist einer der sprechendsten und klarsten Beweise von der Entstehung des Granits.

Bildung des Glimmers.

Wenn die eben vorgetragene Ansicht ganz allgemein von der Bildung aller krystallinischen und insbesondere der kieselerdehaltigen Gesteine gilt, so kommen in einzelnen Fällen noch einige besondere Umstände hinzu. Wo der Glimmer auftritt, ist er vielfach das Eingeschlossene, und es scheinen ganz besondere Verhältnisse zu seiner Bildung zu gehören, wobei es auf die chemische Zusammensetzung weniger ankommt. Zu diesen zähle ich starken Druck und eine gewisse Verschiebung. Wenn sich Stoffe unter starkem Massendruck chemisch vereinigten, und man annimmt, dass durch Druck Cohäsion entsteht, in dem die Molecüle einander genähert werden, so muss die Cohäsion parallel mit der drückenden Fläche eintreten, wie sie zwischen den Molecülen derselben Glimmertafel, aber nicht zwischen jenen zweier Tafeln statt findet. Denke man sich die entstehenden Glimmertafeln senkrecht auf die drückende Fläche gerichtet, so ist klar, dass die Tafeln gebogen und zerbrochen werden; ist aber die Cohäsion am grössten parallel mit der drückenden Fläche, so wird der stärkste Druck die Tafel nicht zerbrechen können, sondern nur die Cohäsion vermehren. Durch diese einseitige Richtung der Cohäsion entsteht die Eigenschaft der Biegsamkeit, wenn, wie in einem Stricke, einer Darmsaite, die Cohäsion nur in einer Richtung wirksam ist, in der andern aber wenig Widerstand leistet. Ist die Cohäsion in allen Richtungen gleich stark, so kann der Körper nicht biegsam sein, wenn er überhaupt starr sein soll, wie eine eiserne Stange. Will man die Stärke des Eisens und die Biegsamkeit des Hanfes vereinigen, so macht man ein Eisentau aus dünnen Drähten. Man hat dann die Cohäsion in der Längenrichtung gelassen, in der Querrichtung aber weggenommen oder vermindert. Derselbe Körper, welcher nach seiner Zusammensetzung aus Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd, Kali ganz spröde sein würde, ist in der Glimmerform elastisch biegsam, weil alle Cohäsion nur in einer Richtung wirkt, und dass dies durch Druck geschehen könne, beweist der von Bunsen dargestellte Draht aus Wismuth und Antimon. Werden diese Metalle nahe bis zum Schmelzen erhitzt und dann in einem Cylinder mit einem Kolben unter grosser Gewalt durch ein enges Loch gepresst, so kommen sie als ein elastischer biegsamer Draht heraus. Die Cohäsion ist jetzt am stärksten in der Längenrichtung, und das ist gerade diejenige, die parallel mit den Wänden des Loches ist, durch welchen das Metall durchgepresst wurde, dagegen ist sie schwächer in der Querrichtung, und daher die Biegsamkeit ohne in der Länge abzureissen. Dieselben Metalle, die gegossen und erstarrt sich zu Pulver stossen lassen, geben durch das erwähnte Verfahren einen biegsamen Draht. Löst man Eisen-

draht in Säuren auf, so öffnen sich die Fasern so auf, dass man sie der Länge nach trennen kann. Eine kalt gewalzte oder kalt geschlagene Platte von Eisen zeigt beim Auflösen Blätterstructur, also Cohäsion in der Längenrichtung, parallel der Ambosfläche und dem Hammer.

Die obigen Drähte aus Wismuth und Antimon behalten die Biegsamkeit nicht lange Zeit. Selbst die starren Molecüle bewegen sich im Laufe der Zeit, ordnen sich krystallinisch an, indem die vorhandenen Cohäsionsverhältnisse wieder rückgängig werden, und zerbrechen zuletzt wie Glas bei der leisesten Bewegung, sogar von selbst. Dass die Glimmerblättchen nicht in gleicher Art spröde werden, mag daher kommen, dass ihr Erweichungs- und Schmelzpunkt weit höher liegt, und sie bei gewöhnlicher Temperatur zu weit von jener entfernt sind, um eine Verschiebung der Molecüle zu gestatten. Um diese Ansicht zu prüfen, legte ich Stücke von sehr schönem durchsichtigem Uralglimmer in einen Platintiegel, und stellte denselben bedeckt eine halbe Stunde in kirschrothes Koaksfeuer. Als der Tiegel geöffnet wurde, zeigten sich die Glimmerstücke ohne jede Spur von Schmelzung, dagegen waren sie undurchsichtig und silberglänzend geworden. Sie hatten ihre Elasticität grösstentheils eingebüsst, und bei dem leisesten Biegen spürte man schon den Bruch und sah die Bruchstelle als eine unregelmässige zackige Linie, welche bei jedem Biegen in gleicher Art wieder hervortrat, während die natürlichen Glimmer sich wie Papier rollen liessen, dann wieder vollkommen auseinander sprangen und nicht die geringste Structurveränderung zeigten. Um diesen Versuch vorzunehmen, hatte ich folgende Gründe: Wenn bei dem Wismuth- und Antimondraht die krystallinische Structur von selbst wieder eintrat, so lag dies daran, dass die noch unter Glühhitze schmelzenden Metalle bei gewöhnlicher Temperatur nur etwa 250 °C. bei Wismuth und 420 bis 450 °C. bei Antimon von ihrem Schmelzpunkte entfernt sind und demnach noch eine gewisse Beweglichkeit der Molecüle besitzen. Da aber Glimmer viel schwerer schmilzt, so war es wahrscheinlich, dass, wenn man ihn auch bis auf 300 bis 400 °C. seinem Schmelzpunkt nahe brächte, eine andere Anordnung der Theile eintreten müsste. Dies hat sich vollständig bestätigt, denn die dünnsten Glimmerblättchen, wie man sie durch sorgfältiges Spalten hervorbringen konnte, waren undurchsichtig, wie Metallblech, und selbst nicht einmal durchschimmernd, während vorher zolldicke Lagen noch etwas Licht durchliessen. Die Entglasung des Glimmers trat bei dünnen Plättchen schwieriger ein, als bei dickeren. Ein solches lag lange auf dem Koaksfeuer und war nur an einer Seite silberweiss und spröde geworden, während die andere noch durchsichtig und elastisch war. Geschmolzener Glimmer ist vollkommen spröde und lässt sich leicht zu Pulver zerreiben, was bei natürlichem fast unmöglich ist. Es geht daraus klar hervor, dass die vorliegenden Uralschen Glimmer nicht in der Glühhitze ihre durchsichtige Structur erhalten hatten, sondern bei einer niedern Temperatur, und dass die

in niederer Temperatur erlangte Structur bei einer höheren nicht bestehen bleiben konnte; ferner tritt die Ansicht mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Biegsamkeit der Glimmer ihrer Entstehung unter starkem Drucke zugeschrieben werden könne. Darum treten die in Glimmerform erscheinenden Mineralien alle mit dieser Biegsamkeit auf. Ich sah einen Glimmer, welcher einen säulenförmigen Krystall, Epidot, in dem dünnsten Blättchen enthielt, und dieser Krystall liess sich mit dem Glimmerblättchen biegen, ohne zu brechen. In ähnlicher Weise kommt Turmalin im Glimmer vor, oder Eisenoxyd in Glimmerform im Carnallit. So scheint auch der Graphit die Glimmerform des Kohlenstoffs zu sein. Die zwischen den Lagen des Thonschiefers und Sandsteines sich häufig findenden Glimmerausscheidungen sind unzweifelhaft an Ort und Stelle entstanden. Sie liegen nämlich immer ganz flach in der Spaltungsrichtung, und kommen im Innern des dichten Steines nicht vor; beim Absetzen aus Schlamm hätten sich solche Blättchen auf jeder Höhe und in jeder Lage finden müssen. Ein abgesetzter Schlamm enthält aber auch niemals Glimmerblättchen, was beim Sande geradezu unmöglich ist, weil diese zarten Körperchen vollständig dadurch zerrieben sein müssten. Wir haben also in diesem Vorkommen einen sichern Fall von Glimmerbildung auf nassem Wege vor uns.

Merkwürdige Glimmerstufen beschreibt Bischof in seiner Geologie II, S. 1392.

Tafeln gelblichen Glimmers von mehreren Zoll Grösse waren mit rothen Granaten durchwachsen. Die Höhlungen, welche die ausgebrochenen Granate zurückliessen, bildeten scharfe Abdrücke, in denen man sogar die Reifen ihrer Flächen noch deutlich erkennen konnte. Der Glimmer wurde durch starkes Erhitzen nur silberglänzend, während der Granat zu einer porösen Masse geschmolzen war.

Eine andere Stufe von Haddam in Connecticut zeigte eine grosse Menge Turmalinnadeln, die sich nicht kreuzen, wo sie in derselben Ebene liegen. Abdrücke von Turmalinnadeln waren dünner als die schon sehr dünnen Glimmerplatten. Wenn sich Nadeln scheinbar kreuzen, so liegen sie in verschiedenen Lagen. Auch diese Glimmer waren durch Glühen nicht blos matt, sondern wellenförmig und runzlig geworden, und hatten ihre Elasticität ganz verloren.

Volger beschreibt Glimmer von demselben Vorkommen. Diese Glimmer sind das Lehrreichste und Merkwürdigste was man sehen kann. Turmaline, Granate, Pyroxene, Feldspathe haben sich innerhalb dieses Glimmers entwickelt, und durchweben ihn so, dass keine Beschreibung einen Begriff davon geben kann. Dünne Lamellen sind in ausgezeichnetem Grade biegsam; geknickt brechen sie gleichwohl und zerschülfern zu einem feinschuppigen Pulver. Mehrere Granat- und Turmalinkrystalle schwimmen gleichsam in dem Glimmer. Gegen das Licht erkennt man eine ganze Schaar solcher Krystalle im Innern der Glimmermasse. Die Turmalinkrystalle erreichen 30^{mm} Länge und 3 bis 7^{mm} Breite.

Volger glaubt, dass mit Bestimmtheit daraus hervorgehe, dass der Glimmer bereits seine lamellare Structur besessen habe, als die Turmalinkrystalle gebildet wurden und dass der Turmalin sich in dem Glimmer unter Aneignung der Glimmersubstanz parasitisch und als Verdränger angesiedelt habe. Granat und Glimmer seien Neubildungen, welche an die Stelle des ächten Glimmers getreten seien.

Es dürfte überhaupt sehr schwer sein, sich einen Begriff von diesen sonderbaren Bildungen zu machen, da wir nicht in der Lage sind, die wirkenden Kräfte und die Umstände zu beurtheilen. Dass die Bildungen nothwendig auf nassem Wege stattgefunden haben, unterliegt keinem Zweifel, da sowohl der Granat als Turmalin verdichtete Kieselerde enthalten, und der Glimmer selbst durch Hitze seine Structur verliert. Auch müssen die Bildungen unter Druck stattgefunden haben, um die einseitige Cohäsionsäusserung hervorzubringen. Waren in den in die Spalte eindringenden Flüssigkeiten Stoffe enthalten, welche zu besondern Mineralien krystallisiren konnten, so ist anzunehmen, dass dies wohl stattgefunden habe. Der Granat, welcher die am meisten verdichtete Kieselerde enthält, musste in unendlich langer Dauer entstanden sein. Die Turmaline zogen die Borsäure an sich, und der Rest gestand zu Glimmer von unsicherer Beschaffenheit. War einmal Schichte gemacht, so fand zwischen der letztentstandenen Platte und der den Druck ausübenden eine neue Infiltration statt, und die Nadeln legten sich ganz unabhängig von der Lage in den andern Schichten. Das Verdrängen nach Volger, unter dem starken Druck, und ohne dass Raum da ist, wo der verdrängte Stoff entweichen kann, bietet der Phantasie eine grosse Schwierigkeit, und aus den Bestandtheilen des Glimmers kann nicht Granat, Turmalin, Pyroxen und Feldspath entstehen; eher können diese alle in der Flüssigkeit enthalten gewesen sein und sich nach Krystallanlage abgesondert haben. Diese Glimmervorkommnisse erregen zuerst nothwendig den Gedanken der gleichzeitigen Bildung, der, wenn er einmal mit Gründen unterstützt ist, auch bei andern Bildungen, in Spalten, auf Gängen, wo Raum war, zur Erklärung benutzt werden kann. Ueberhaupt aber sind die Versuche einer Erklärung nur mit Zurückhaltung zu geben, und mit der Bereitwilligkeit, sie bessern Erklärungen unterzuordnen.

Aus der sorgfältigen Beschreibung Volger's habe ich keine Thatsache entnehmen können, welche meiner Ansicht widerspräche. Dass sich bei der Krümmung der Glimmerblättchen die Turmalinkrystalle mit biegen, und erst nach langem Widerstande mit scharfen Umrissen herauslösen und ein verzerrt sechseckiges Loch lassen, spricht für die Bildung unter Druck mit einseitiger Cohäsionsentwicklung.

Ganz ähnlich fanden sich auch die Granate; sie bilden dickere und dünnere Platten und näheren sich der Scheibenförmigkeit. Auch diese Scheiben bestanden nur aus Aggregaten von Lamellen, und die beiden Hauptflächen zeigten unter der Lupe Umrisse vieler, zum Theil zusammen-

geflossener Lamellen. Es sind also ächte Granatglimmer, welche bis in die feinsten Theile die Glimmerstructur zeigen, wodurch sie sich von den ächten vollwüchsigen Granaten wesentlich unterscheiden, da diese niemals die Lamellenstructur zeigen. Die grössten Granate zeigten 5 bis 7^{mm} Durchmesser, meistens viel weniger; dagegen finden sich Schwärme unzähliger kleiner Granate, wie eben die absetzende Flüssigkeit ihren Gehalt an vielen Anfängen abgesetzt hat. Haarförmige Pyroxenkrystalle oder Amianth lag vielfach in dem Glimmer, aber genau in der Plattenrichtung ausgebreitet. Er folgte also auch dem Bildungsgesetz. Glasartige Täfelchen von Feldspath will Volger ebenfalls erkannt haben. Die völlige Farblosigkeit und die grosse Dünne lies diese Eeldspathblättchen lange übersehen. Sie können durch Ritzen entdeckt werden, wo das Auge sie nicht mehr wahrnimmt. Ritzt man den Glimmer mit der Nadel, so stösst man plötzlich auf Glashärte, wo die Nadel, statt zu ritzen, ausgleitet. Diese Feldspathlamellen scheinen einen hohen Grad von elastischer Biegsamkeit zu besitzen. Ein ähnliches Vorkommen von Granat in Leuchtenbergit beschreibt Volger (Pogg. 96, 559). Dieses Mineral ist ein in Glimmerform angeschossener Zeolith mit nur 30 bis 31 % SiO_2 und 12,3 % Wasser.

So wie nun schon Volger im Glimmer Feldspathtafeln mit grosser Biegsamkeit erkannt hat, so ist auch Oligoklas als Glimmer gefunden worden.

Das Feldspathmineral, welches in Glimmer umgewandelt sich im Chlorithschiefer von Harthau vorgefunden hat, zeigte folgende Zusammensetzung:

	I.		II.
SiO_2	62,25		63,33
Al_2O_3	17,69		17,88
Fe_2O_3	4,00	FeO	3,26
KO	6,42		6,58
NaO	4,00		4,10
CaO	4,76		4,88
MgO	0,30		
SO_3	0,54		
HO	2,51		

Die Columne II. gibt mit Weglassung des Wassers, der Bittererde und Schwefelsäure fast genau die Zusammensetzung des Oligoklases, welcher 62,37 % SiO_2 erfordert, und es ist somit der Oligoklas in Glimmerform krystallisirt, oder nachher in Glimmerform übergegangen.

Schon früher hatte Prof. Noeggerath*) auf dieses merkwürdige Zusammenvorkommen von Turmalin und Granat im Glimmer aufmerksam gemacht, und daran die Bemerkung geknüpft, „dass solche Erscheinungen

*) Verhdlg. des Naturhist. Vereins für Rheinl. Westphal. 1860. Sitzungsberichte S. 9.

wohl im Stande wären, manche neuere Behauptungen des immer mehr hereinbrechenden Ultraneptunismus in Bezug auf die Entstehung des Glimmers und selbst des Granits zu entkräften." Diese Voraussagung ist nun nicht eingetroffen; vielmehr ist diese Thatsache eine der stärksten Stützen für die Entstehung des Glimmers auf nassem Wege geworden, weil der eingeschlossene Granat alle Zeichen eines vom Feuer nicht berührten Minerals (spec. Gew. und Unangreifbarkeit durch Säuren) noch an sich trägt. Wenn man die Ansicht von der wirklichen Bildungsart des Glimmers Ultraneptunismus nennen will, so kann man sich diesen Namen schon gefallen lassen.

Alle diese Vorkommnisse bestimmen mich meine Ansicht aufrecht zu halten, dass diese Bildungen gleichzeitig unter starkem Drucke stattgefunden haben, dass alle Mineralien, welche unter diesen Verhältnissen krystallisiren können, Glimmerform annehmen und dass der Glimmer selbst kein Mineral in dem gewöhnlichen Sinn, sondern nur eine Cohäsionsform ist.

Die Ansicht Heinrich Rose's*), dass das Vorkommen des Glimmers in Laven des Vesuvs auch seine Entstehung auf feurigem Wege beweise, kann auch deswegen nicht angenommen werden, weil die Erscheinung sich viel leichter durch die vorherige Anwesenheit des Glimmers erklärt. So findet sich auch Glimmer in den Laven der Eifel, aber in jenem tombackbraunen Zustande des Rubellans, welcher seine Veränderung durch Feuer beweist. Glimmer kann mit Basalt umgeschmolzen werden, ohne dass er sich auflöst, wie dies in Sayn öfter beobachtet wurde. Einzelne Arten sind so schwerschmelzbar und feuerwiderständig, dass die niedere Schmelzhitze der Laven ihnen gar nichts anhat. Auch hat man niemals etwas ähnliches bei Hochofenschlacken gesehen, wo doch die Bedingungen genau dieselben sind, wie in den Laven. Die in manchen Lehrbüchern fortgeführte Angabe, dass Glimmer künstlich dargestellt worden sei, ist ins Fabelbuch zu schreiben.

Natürliche Einschlüsse.

Wir können uns die Frage vorlegen, wie die Einschlüsse in die natürlichen Gesteine gekommen sind. Hierbei sind die Bildungen in Hohlräumen von jenen im geschlossenen Gestein zu unterscheiden. Aufsitzen und Einschliessen ist eigentlich dasselbe Verhältniss und zeigt eine spätere Bildung an. Fand eine spätere Bildung in einem Hohlraume statt, so kann sie das umhüllte Mineral nicht vollständig ein-

*) Pogg. 108,29.

schliessen, sondern dies behält seine eigene Aufsitzfläche frei von der Umhüllung. Die Erklärung des Vorganges ist dann ganz einfach, dass das spätere umhüllende Mineral aus einer Lösung sich in den noch leeren Raum, ohne alle Verletzung des Vorhandenen angesetzt habe. Da alle diese Bildungen nur auf nassem Wege entstanden sein können, so kann auch jede Reihenfolge stattfinden, und es gibt keine bestimmte Zeitfolge der Bildungen. Kalk kann auf Quarz und in Quarz sitzen; Schwefelkies kann Quarz umhüllen und von ihm eingeschlossen werden. Alle Fälle kommen wirklich vor.

Bei den massiven Felsarten findet aber eine vollständige Umhüllung statt. Der Glimmer im Granit, der Augit im Basalt ist rundum von einer gleichartigen Masse umgeben. Er hat also nicht bereits festgesessen, wie in den Gangspalten, sondern er muss noch lose gewesen sein, als er umhüllt wurde. Bei der Entstehung der Gesteine auf nassem Wege (S. 193) ist nachgewiesen worden, dass die verschiedenartigen Mineralien durch blose Cohäsion des Gleichartigen ihre Bestandtheile aus einer gemeinschaftlichen Lösung entnommen haben, und hierbei tritt die allgemeine Erscheinung ein, dass das in der kleinsten Menge vorhandene Mineral das eingeschlossene ist. Krystallisirt aus einer Lösung zu gleicher Zeit Feldspath und Hornblende, indem letztere sich den Eisenoxydulgehalt aneignet, so muss die Hornblende als eingeschlossen erscheinen, wenn sie nur etwa 1 bis 2 $\frac{0}{0}$ beträgt, wie im Syenit. Beträgt aber der Feldspath nur 1 $\frac{0}{0}$, so würde dieser als der eingeschlossene erscheinen. In keinem dieser beiden Fälle kann man behaupten, dass das eine oder andere Mineral früher entstanden wäre, sondern die Bildung ist nothwendig gleichzeitig gewesen. Das in der kleinsten Menge vorhandene Mineral findet am leichtesten Raum und erscheint nachher umschlossen. Es gibt deshalb in den massiven Graniten keine bestimmte Reihenfolge der Mineralien, und wenn sich auch eine solche in vielen Fällen zeigt, so ist sie zufällig, aber nicht nothwendig. Auf eine andere Weise kann man sich nicht erklären, wie der Strigauer Granit (z. B. in den Säulen der Berliner Börse, in dem Fussgestell des Arndt-Denkmals) ein so gleichartiges Gemenge von Feldspath und Glimmer sein könne. Hätte die Bildung des Feldspathes nach jener des Glimmers stattgefunden, so ist nicht anzusehen, wie jedes Glimmertheilchen gleichmässig vertheilt im Feldspath schwimmen könnte. Auf jener Unterlage eines unbekannten Gesteins, wo die Flüssigkeit in eine Spalte eintreten konnte, muss unendlich lange Zeiträume hindurch eine Flüssigkeit von ganz gleicher Zusammensetzung zur Verwendung gekommen sein. Indem sie den Granit bildete, hob sie das ganze Gebirge, und die gehobenen, bereits gebildeten Theile kamen aus dem Spiele, und immer neue Schichten von gleicher Zusammensetzung bildeten sich aus. Die Analyse von Streng*) gibt

*) Pogg. Annal. 90,122.

einen Bittererdegehalt des feinkörnigen Strigauer Granits von 0,35 %, was die Gegenwart des schwarzen, auch eisenoxydulhaltigen Glimmers erklärt. Hätten die beiden Bestandtheile, so wie das Manganoxydul (0,39 %) gefehlt, so würde sich ein blendendweisser Feldspath mit wenig freiem Quarz (im Ganzen sind 71,2 % SiO_2 vorhanden) abgeschieden haben. Tritt zuweilen Rutil im Granit auf, so muss auch Titansäure in der Lösung vorhanden gewesen sein, und wenn diese sich nicht getrennt als Krystall abschied, so findet sie sich als Bestandtheil in der Analyse.

Es muss deshalb die Bildung aller Mineralien in einem krystallinischen dichten Gestein gleichzeitig stattgefunden haben. Dasselbe bestätigen auch die Untersuchungen von Tschermak*), welcher sich viele Mühe gegeben hat, die Entstehungsfolge der Mineralien in einigen Graniten festzustellen. Uebrigens ist die Beurtheilung dieser Verhältnisse sehr schwierig und unsicher, und man steht leicht davon ab, wenn man nicht schon mit der Ansicht an die Arbeit geht, dass eine Reihenfolge stattgefunden haben müsse. Nach Tschermak ist die Bildungsfolge nicht immer dieselbe. In seinen Aufstellungen erscheint Glimmer vor und nach Feldspath, Albit vor und nach Orthoklas, Quarz vor und nach Glimmer. Das lässt sich nicht anders als durch die gleichzeitige Bildung, welche die Anordnung zu einem massiven Ganzen verlangt, erklären.

Die Bildung der Gänge.

Es gibt kaum einen Gegenstand in der Geologie, welcher in gleichem Maasse das Intresse der Wissenschaft und der Praxis in Anspruch nimmt, als die Bildung der Gänge. Man versteht darunter Spalten eines bereits festen Gesteines, welche sichtbar mit einer von dem Gesteine abweichenden oder auch gleichartigen Masse angefüllt sind. In beiden Fällen ist die Gangbildung später, als die Bildung des Nebengesteins, vor sich gegangen. Man unterscheidet diese Gänge als Gesteinsgänge, wenn sie mit einer Felsart oder sonstigen metallfreien Mineralien ausgefüllt sind, und als Erzgänge, wenn sie mit metallhaltigen Mineralien erfüllt sind. Vorzugsweise finden sich die Ansammlungen der werthvolleren Metallerze auf solchen Gängen. Die Theorie der Gänge kann jetzt keinem Zweifel mehr Raum lassen. Es sind dabei zwei Umstände zu erklären: die Bildung der Gangspalte und die Ausfüllung derselben.

*) Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. 47, S. 207.

Die Bildung der Gangspalte setzt ein bereits vollkommen hart gewordenes und sprödes Gestein voraus, und die Ursache der Spaltung kann in nichts gesucht werden als in einer äusseren Gewalt. Diese Gewalt ist in der Hebung des Gebirges durch Bildung neuen Gesteins in tieferen Schichten gefunden worden. Indem das vorhandene Gestein in höhere Schichten gehoben wird, kommt es in solche Theile der Erdkugel, welche einen grösseren Durchmesser haben. Dadurch muss nothwendig ein Zerbrechen desselben oder ein Abreissen von den benachbarten Gesteinen bewirkt werden. Dieses Reissen kann schon in bedeutenden Tiefen stattfinden. Ueber die mögliche Grösse der Gangspalte geben die Dimensionen der Erde genügenden Aufschluss. Man denke sich eine Quadratmeile Erde als Pyramide bis in den Mittelpunkt der Erde verlängert. Bei dem Halbmesser der Erde von 860 geographischen Meilen beträgt die Breite der Pyramide auf *einer* Meile Tiefe nur mehr $\frac{859.}{860}$ 24000′ oder 23972 Fuss; also 28 Fuss weniger als an der Oberfläche der Erde. Bei einer Hebung von 1 Meile (= 24000′ Fuss gesetzt), und unter der Annahme, dass nur eine Spalte entstehe, muss dieselbe 28 Fuss betragen. Entstehen mehrere Spalten, so theilen diese sich in diese Grösse. Es ist demnach in der Kugelform der Erde allein, und der Hebung der Gesteine von unten genügender Grund, die Entstehung von Spaltung zu begreifen.

Die Ausfüllung der Spalten kann überall nur auf nassem Wege geschehen sein, und zwar durch denselben Vorgang, wodurch auch die Gesteine im tiefen Innern der Erde gebildet werden. Hierbei kommen nun sehr mannigfaltige Verhältnisse vor. Wenn das Gestein noch selbst in Bildung begriffen war, so kann dieselbe absetzende Flüssigkeit auch in die Gangspalte eingedrungen sein, und es hat sich dann ein Granitgang mit Granit ausgefüllt; oder die bildende Flüssigkeit hatte schon ihre Natur verändert, und es hat sich die Granitspalte beispielsweise mit Basalt ausgefüllt; oder es ist aus dem Nebengestein ein einzelner Bestandtheil ausgezogen und in der Gangspalte abgesetzt worden, so z. B. Flussspath in flussspathhaltigem Kalke, Kalkspath in kohlensauren-Kalkhaltigem Melaphyr, Quarz in Thonschiefer, und ähnliche Fälle mehr; oder es ist aus der Tiefe eine ganz neue, mit andern Stoffen beladene Flüssigkeit in die Gangspalte eingedrungen; oder es haben sich mehrere Flüssigkeiten in der Gangspalte gemischt, und ist daraus durch Zersetzung ein neue Ausfüllungsmasse entstanden.

In dieser Art dürften vorzugsweise die Erzgänge zu erklären sein. Ein Schwefelmetall entsteht immer durch Reduction einer sauerstoffhaltigen Verbindung mittelst organischer Stoffe, bei gleichzeitiger Gegenwart eines schwefelsauren Salzes, indem sich zugleich Kohlensäure aus dem Kohlenstoff bildet. Die Schwefelmetalle sind selbst nicht in Wasser löslich, wohl aber die Oxyde der Metalle in Wasser und Kohlensäure. Die Gegenwart organischer Stoffe ist absolut zur Reduction irgend einer

Sauerstoffverbindung nothwendig, da es auf der ganzen Erde keinen andern reducirenden Körper gibt, der nicht selbst auf organische Körper zurückgeführt werden müsste und könnte. Kommt nun in einer Gangspalte kohlensaures Eisenoxydul, Gyps, und organische Substanz zusammen, so entsteht Schwefelkies und Kohlensäure, wie man diesen schon in Mineralwasserkrügen unter gleichen Bedingungen auf einem Strohhalme oder an der untern Fläche des Korkes hat entstehen sehen.

Alle diese auf Gangspalten gebildeten Schwefelmetalle enthalten eingeschlossenes Wasser, und verknistern lebhaft vor dem Löthrohre.

Nichts beweist mehr die gleichzeitige Bildung verschiedener Mineralien aus einer und derselben Flüssigkeit, als die Art und Weise, wie diese Mineralien mit einander verbunden sind. Besonders gut lässt sich dies an Schwefelmetallen erkennen, welche sich durch ihre Farbe auszeichnen. Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Eisenkies sind vollständig in einander verschlungen, durchdringen sich und sind dennoch einzeln getrennt. Man kann auf frischem Bruche deutlich die Streifen jedes einzelnen Schwefelmetalles an seiner Farbe unterscheiden. Oft sind sie aber auch so feinkörnig in einander gewachsen, dass die Unterscheidung nicht möglich ist. Derselbe Fall kommt bei den Silicaten vor, wo einmal Feldspath, Augit, Hornblende, Glimmer deutlich zu unterscheiden sind, wie bei Granit und Syenit, ein andermal aber auch die Gemengtheile aufs feinste mit einander vermischt sind, wie bei Basalt, Melaphyr und ähnlichen.

Es ist denkbar, dass die getrennte Krystallisation auf eine langsamere Bildung schliessen lasse. Ebenso treten die Gemengtheile am deutlichsten auseinander, wenn einer in überwiegender Menge vorhanden ist, und so ist vom fast weissen, nur mit Hornblende gesprenkelten Syenit ein ununterbrochener Uebergang durch Diorit hindurch bis zum reinen Hornblendegestein. Dass die schweren Metalle gerade aus der Tiefe kommen, hat wohl einen gewissen Zusammenhang mit dem hohen specifischen Gewichte der Erde, und damit dass sie auch eigentlich niemals Bestandtheile von Sedimentärgebirgen sein können. Wird an der Oberfläche der Erde ein Gang von Kupfer-, Silber-, Bleierz durch Verwitterung und Zertrümmerung zerstört, so kann der Detritus allerdings mit dem Flussschlamm ins Meer und in den Thonschiefer gerathen, aber nicht leicht in den Sand, weil diese spröden Metallverbindungen bei der Sandsteinbildung durch Dünnenbrandung aufs feinste zerstört und weggeschwemmt würden.

Im Thonschiefer können diese Metalle als feinster Detritus vorhanden sein, wie denn auch wirklich der Thonschiefer von Bendorf bei Coblenz nach Frick*) 0,13 % Kupferoxyd, und jener von Lehesten in Thüringen 0,3 %, und der von Goslar 0,28 % Kupferoyd enthalten. Solche Vorkommnisse sind gewiss noch viel häufiger, bleiben aber un-

*) Pogg. 35,188.

bekannt; denn es sind im Ganzen nur wenige Analysen von Thonschiefern gemacht worden, und bei diesen wurden Kupferoxyd oder andere Metalloxyde gar nicht aufgesucht, und können auch bei der kleinen Menge Substanz, welche bei Analysen selten 2 bis 3 Grammen übersteigt, kaum gefunden werden. Hätte man 2 Grammen Substanz in Arbeit genommen, so würden in der Analyse des Bendorfer Schiefers 2,6 Milligramm Kupferoxyd vorhanden sein, welche sehr leicht der Auffindung entgehen können, da man bei den Silicatanalysen mit Schwefelwasserstoff gar nicht zu arbeiten hat. Es müssen demnach alle solche einzelne kleinere Vorkommnisse von fremden Stoffen als zufällig und zur Bildung des Gesteins nicht beitragend angesehen werden. Gesetzt, man fände in einem dichten Kalksteine einen Gehalt an Nickel, so dürfte man sich den Kopf zerbrechen, wie bei der Bildung des Kalksteins aus Schalthieren der Nickelgehalt in dieses Gestein kommen konnte. Bedenkt man aber, dass ein nickelhaltiger Meteorstein ins Meer fallen und in einer Kalkablagerung der Hochsee eingeschlossen werden kann, so hätte dieses Vorkommen nichts Unerklärliches oder Befremdliches. Bei der gewöhnlichen Analyse können solche kleine Beimengungen leicht unbemerkt bleiben. Wollte man solche auffinden, so müsste man 8 bis 10 Pfund des Thonschiefers fein pulvern, aufschliessen und dann auf die kleinen fremden Beimischungen prüfen, wie bei Meerwasser, eine Arbeit, die wohl noch niemals in dieser Art ausgeführt wurde. Es ist nun auch deutlich, warum im Thonschiefer eher Erzgänge vorkommen können, als im Sandstein, denn in dem Thonschiefer werden die Detritustheile der Erzgänge unmittelbar abgesetzt, im Sandsteine aber können nur Quarzkörner enthalten sein. Enthalten sie später Erztheile, so sind dieselben durch Infiltration hineingekommen.

Bei den Erzgängen im Thonschiefer ist es demnach unsicher, ob die Erze aus seiner eigenen Masse durch Auslaugung ausgezogen und in der Gangspalte abgesetzt sind, oder ob sie von unten aufsteigend sich hier angesammelt haben. Die Gangbildung ist demnach für den Menschen ein höchst wichtiger und nützlicher Vorgang, welcher ihm Metalle aus unzugänglichen Tiefen zuführt, oder dieselben aus einem Gesteine in der Art sammelt, dass sie zur Verwendung gezogen werden können. Auf der Gangbildung kann auch allein die Hoffnung beruhen, dass die durch den menschlichen Gebrauch abgenutzten und unendlich vertheilten Molecüle von Silber, Gold, Kupfer, Blei wieder gesammelt werden.

Die seltensten Stoffe werden auf Gangspalten gefunden. Dahin gehören die Yttererde, Beryllerde, Ceroxyd, Lanthan, Didym, Vanadin, Niob, Pelop, und ähnliche. Von den meisten dieser Stoffe würden wir gar keine Ahnung haben, wenn nicht Gangbildung existirte, wodurch sie in gewisser Concentration in Mineralien auftreten. Dass sich hierbei ähnliche Stoffe fast immer begleiten, liegt an ihren ähnlichen chemischen Eigenschaften. So kommen Kobalt und Nickel, Kalk und Bitter-

erde, Ceroxyd und Yttererde mit Lanthan, Arsenik und Antimon, Eisen und Mangan und ähnliche Paarlinge häufig zusammen vor.

Man bezeichnet die Gänge als Silber-, Kupfer-, Bleigänge etc. je nach den Metallen, auf deren Gewinn man sie ausbeutet; gleichwohl machen die Erze in den meisten Fällen nur einen geringen Theil der Gangmasse aus. Ausserdem hängt noch die Möglichkeit der Ausbeutung von der Mineralmasse ab, in welcher das Erz verbreitet ist. Ist diese erdig, leicht zerreiblich, mit leichter Mühe trennbar, so kann die Ausbeutung des Ganges gewinnbringend sein, im andern Falle könnte er verlassen werden müssen. Die Unterscheidung der Ausfüllung der Gangspalte neben dem Erze als Ganggestein und der Umgebung als Nebengestein liegt im Worte selbst. Im Allgemeinen hällt man einen Gang für bauwürdig, wenn er von Eisenerz $\frac{1}{3}$, von Zinkerz $\frac{1}{20}$, von Bleierz $\frac{1}{30}$, von Kupfererz $\frac{1}{100}$, Silber $\frac{1}{1000}$, Gold $\frac{1}{10000}$ enthält.

Die Ganggesteine sind meistens erdige oder krystallinische Massen, zuweilen selbst wieder metallische Substanzen. Das Ganggestein ist es, welches den Bergmann in seinen Nachforschungen leitet. Vor allen kommt Quarz in allen nur möglichen Formen, meist in kleinen weisslichen Krystallen, oft durchscheinend, splitterig, als Amethyst, Jaspis oder Bergkrystall vor. Dies Verhalten ist sehr natürlich, da die meisten gangführenden Felsarten kieselerdehaltig sind. Sodann kommen alle Arten Spathe, Kalkspath, Eisenspath, Flussspath, Schwerspath, Eisenoxyd in krystallinischer oder erdiger Form, thonige Massen, Chlorit, Talk, Augit, Hornblendegestein, Bruchstücke des Nebengesteins als ausfüllende Massen vor. Das Erz selbst findet sich meist in dem Ganggestein in einzelnen wohlcharacterisirten Mineralspecies, zuweilen auch unsichtbar in der Masse vertheilt vor. Je nach seiner Menge wird das Ganggestein als arm, reich oder wenn es ganz fehlt, als taub, unterschieden. Unter Streichen versteht man die Längenrichtung des Ganges auf der Horizontalen, und unter Fallen die Richtung zur Verticalen. Das Streichen wird nach dem Compass von dem magnetischen Meridian ab gezählt, wobei der halbe Umfang des Compasses, vom Nord- zum Südpol, in 12 Stunden eingetheilt ist. Die Stundenzahl ist demnach bei derselben Neigung der Nadel gegen den Meridian die doppelte Zahl, welche eine Taschenuhr an derselben Stelle zeigt, bei der man 12 Uhr als Nordpol annähme. Das Fallen der Gänge bestimmt man durch den Winkel, welchen der Gang mit der lothrechten Linie bildet. Selten sind Gänge vollkommen senkrecht, *saiger*, wie die Bergleute es nennen, und noch seltener horizontal oder *söhlig*. Auch dies liegt in der Natur der Erscheinung. Nach Art der Brechung der Felsschichten ist die natürliche Richtung des Ganges von unten nach oben; nun ist aber die senkrechte Lage nur eine einzige, dagegen schiefe Lagen gibt es unzählige. Die Wahrscheinlichkeit ist also dafür, dass die Gänge eine schiefe Richtung von unten nach oben haben, und in diesem Falle unterscheidet man das *Hängende*, über dem Gange, und das *Liegende*

unter dem Gange. Es ist natürlich das Hängende und Liegende in einem Gange von Hause aus gleichartig, weil die Gangspalte ein aufrechtstehender Bruch eines gleichartigen Gesteines ist, und da die meisten Gänge in Absatzgesteinen vorkommen, die horizontal von selbst gleichartig sind, so muss das Obere und Untere vom Gang gleichartig sein. Dagegen können nach der Ausfüllung des Ganges durch die auf der Gangspalte eingedrungenen Massen Ungleichheiten entstanden sein.

Die Mächtigkeit der Gänge ist sehr verschieden, von Papierdicke bis zu 90 und 100 Fuss. In den meisten hat man bei Gängen das untere Ende nicht erreicht, und es dürfte anzunehmen sein, dass sie sich in unergründliche Tiefe fortsetzen.

Die Anordnung der Mineralien im Innern eines Ganges bietet sehr wesentliche Eigenthümlichkeiten dar. Häufig finden sich die Mineralien in parallelen Zonen oder dünnen Schichten innerhalb des Ganges, welche symmetrisch längs der Begränzungsfläche durch das Nebengestein, die auch Saalbänder genannt werden, sich hinziehen.

Die verschiedenen Zonen entsprechen sich von den Saalbändern nach innen auf beiden Seiten. Dies beweist, dass sich die Natur der Flüssigkeit im Laufe der Zeit geändert habe, und dass andere Mineralien aus denselben abgeschieden wurden. Die abgesetzten Stoffe schliessen sich den Unregelmässigkeiten der Gangwände sehr genau an, lassen öfters in der Mitte einen leeren Spaltenraum, der dann noch nachträglich mit Krystalldrusen angefüllt worden ist. Man hat in einzelnen Gängen bis zu 14 symmetrischen Bänderzonen auf jeder Seite gezählt, die alle durch verschiedene Farbe, Structur und Zusammensetzung sich leicht unterscheiden lassen.

Die Entstehung aller Gangausfüllungen auf nassem Wege ist so über allem Zweifel, dass es kaum noch nöthig ist, specielle Beweise anzubringen. Eine grosse Anzahl ganz unschmelzbarer Mineralien, wie die kohlensauren Spathe, darunter Spatheisenstein, kommen darin vor, und zwar in wechselnder Ordnung, besonders aber Quarz in jeder Auflagerung und Bedeckung. Die Wände des Nebengesteins zeigen in keinem Falle feurige Einwirkung, wie das bei schwerschmelzbaren Ganggesteinen stattfinden müsste; der mehrmalige Wechsel derselben Mineralien kann nur auf nassem Wege stattgefunden haben; freie Oxyde sind vor und nach Quarz darin enthalten; die mannigfaltigsten Stoffe, die sich aus einem Schmelzflusse niemals trennen können, ja welche gleichzeitig nicht darin enthalten sein können, wie Kalkspath, Quarz, Schwefelmetalle liegen getrennt nebeneinander. Die Gangbildung ist nicht nur für sich selbst beweisend, sondern auch für die Entstehung aller Gesteine, worin dieselben Mineralien vorkommen.

Im Folgenden betrachten wir noch einen besondern Fall.

Silicatgänge in Silicatgesteinen. Von grosser Tragweite sind die so häufig vorkommenden Gänge des gleichen Gesteins oder eines

etwas verschiedenen in krystallinischen Silicaten. So finden sich Granitgänge in Granit, Syenitgänge in Syenit, Basaltgänge in Trachyt. Wenn sich ein Granitgang in Granit bilden soll, so muss das Nebengestein erst vorhanden und vollkommen fest gewesen sein, damit es durch Hebung oder Druck brechen und zackige, scharfe Umrisse annehmen konnte. Hier war natürlich vollkommene Erkaltung als nothwendig gegeben. Wenn nun die Ausfüllung der Gangspalte mit demselben oder einem ähnlichen Gestein erfolgen sollte, so musste diese ausfüllende Masse noch flüssig sein, sei es nun durch Schmelzen, oder durch Lösung. Die plutonistische Theorie nimmt ohne Weiteres die erste Bildungsweise an. Wenn nun auch die ausfüllende Masse durch ihre Einschlüsse, durch ihren Wassergehalt, durch die in ihr verdichtete Kieselerde schon an sich als auf nassem Wege eingedrungen angesehen werden muss, so kommen auch noch die physikalischen Bedingungen hinzu, welche eine Ausfüllung mit geschmolzenen Silicaten als eine absolute Unmöglichkeit erscheinen lassen. Alle geschmolzenen Silicate erstarren bei rascher Abkühlung zu glasartigen Massen, welche nicht eine Spur von Krystallisation zeigen. Nun musste das Nebengestein bereits erkaltet sein, um zackig reissen zu können, und die eingedrungenen, geschmolzenen Silicate, die nur von unten nach oben steigen konnten, mussten in den oft nur einige Zoll weiten Gangspalten glasartig erstarren, ohne bis in die obersten Enden des Ganges eindringen zu können. Es sind aber die Gangspalten immer mit krystallinischen Massen ausgefüllt, und wenn auch die Masse feinkörnig krystallinisch ist, so ist sie doch krystallinisch, wie ihre Abnahme am specifischen Gewichte durch Glühen beweist.

Beim Aufsteigen einer flüssigen Masse von unten musste die zuerst eintretende Schmelze die ganze Länge des bereits erkalteten Ganges passiren, und da diese Längen oft 30 bis 40, sogar 100 Fuss betragen, so ist es undenkbar, wie eine so schwer schmelzbare Substanz als Feldspath diese Ausfüllung hätte bewirken können. Die Berührungsfläche des Ganges gegen das Nebengestein hätte in jedem Falle glasartig bleiben müssen, wovon aber nirgendwo eine Spur gesehen wird. Oder es hätte die geschmolzene Masse das Nebengestein anschmelzen und seine krystallinische Fügung wesentlich verändern müssen, was auch noch nicht beobachtet wurde. Zwar wurde hier und dort behauptet, dass sich solche Veränderungen auf Gangspalten vorfinden; wo man sie aber genauer untersuchte, stellte sich heraus, dass von einer Schmelzung keine Rede sein konnte, wohl aber öfter von tief eingreifender Verwitterung, weil in der capillaren Gangspalte später kohlensaures Wasser eindringen konnte. Man hat auch, auf die Richtigkeit der Ansicht gestützt, die entsprechenden Erscheinungen erfunden, ohne sie beobachtet zu haben. So wurde behauptet, dass Basalt die Steinkohle beim Durchdringen in Koake verwandelt habe; allein diese Vorkommnisse wollten sich nach-

her nicht mehr finden. Im Gegentheile hat Casselmann*), selbst noch Anhänger der plutonistischen Theorie, festgestellt, dass die nassauischen Braunkohlen, wo sie vom Basalt durchbrochen erscheinen, niemals in der Nähe des Basaltes eine andere Beschaffenheit als ferner davon hätten, so dass dieser Umstand wenig dafür spreche, „dass sie jemals einer starken Hitze ausgesetzt gewesen seien," während die hessischen Pseudolignite „zweifelohne der basaltischen Hitze ausgesetzt gewesen" wären. Ein einziger negativer Fall widerlegt die Lehre vom geschmolzenen Basalte, wenn es dessen noch bedürfte. Aber auch wenn sich ein solcher Fall finden sollte, so ist seine Deutung eine ganz andere, als die ältere Schule annimmt. Der Basalt für sich ist eine nasse Bildung, und wo er nachträglich geglüht und geschmolzen wurde, da ist er in Lava oder Schlacke übergegangen. Da wäre es nun nicht unmöglich, dass im Innern der Erde durch örtliche Erhitzung geschmolzener Basalt, oder richtiger Lava mit Steinkohle oder Braunkohle in Berührung käme und diese entsprechend veränderte. Es würde dann dieser Fall nicht die Entstehung des Basaltes, sondern die Bildung und Natur der Lava erklären. Lava war Basalt, aber nicht umgekehrt. Indem man diese beiden Existenzen zusammenwarf, kam man zu einer Erklärung, die für keine passte.

Von der feuerflüssigen Natur des Basaltes überzeugt, musste man dort, wo er in hohen Kegeln über die Ebene aufstieg, einen Zusammenhang mit dem Innern der Erde voraussetzen, und einen Stiel für die übergequollene Kuppe annehmen. Allein bei mehrfachen Abbauen solcher Basaltkuppen fand sich dieser Stiel nicht vor, und dann war man ganz stille davon, wie vor einer nicht eingetroffenen Wetterprophezeihung. Die schöne Basaltkuppe Dattenberg bei Linz war an der aufgeschlossenen Seite unbequem zur Abfuhr, während ein ziemlich tiefes Thal auf der hinteren Seite einschnitt. Der Besitzer, überzeugt, in den Stiel des Basaltberges zu kommen, grub von der Thalseite in den Berg, fand aber weder den Stiel, noch sonstigen Basalt, und hatte viel Geld und Mühe umsonst verwendet. Doch wenn sich auch der Stiel gefunden hätte, so war damit noch nichts bewiesen. Da der Basalt sehr häufig Gänge bildet, so konnte er sich auch oberhalb eines durchbrochenen Gesteines wieder ausbreiten und in Schichten anderer Gesteine eindringen. Dadurch wird auch sein sehr häufig lagerförmiges Vorkommen erklärt, was nach unten durch eine Gangspalte mit der Erde in Verbindung steht. Die bildende Flüssigkeit drängte sich immer in der Capillarspalte aufwärts, verdickte den Gang (Stiel) und erhöhte das Basaltlager. So schwinden der Reihe nach die Säulen des plutonistischen Lehrgebäudes, die Koaksränder und die Stiele der Basaltkegel, aber die Lehre bleibt unverändert.

Die Ausfüllungen der Spalten mit dem gleichen oder einem ähn-

*) Annalen der Chem. u. Pharm. 89,196.

lichen Gesteine bestätigt uns aber noch einen Schluss, den wir bei der Betrachtung der Entstehung des Feldspathes gemacht haben. Es müssen sämmtliche Bestandtheile des Gesteines, die Thonerde mit eingeschlossen, in Lösung aufgetreten sein und sich in der Spalte abgesetzt haben. Denn da die Spalte bei ihrer Entstehung durch Zerbrechen des Gesteins ganz leer sein musste und sich nachher vollständig füllte, so konnte kein Rest irgend eines Körpers darin vorhanden sein, und es geht auch der wichtige Schluss hervor, dass sich Gangspalten aus den Stoffen des Nebengesteins ausfüllen können, oder durch eine fremdartige Flüssigkeit, welche von unten aufstieg. Wenn sich Granitgänge mit Granit füllten, so ist der erste und der zweite Fall zugleich möglich, wenn sich aber ein Spalt im Gneiss mit Basalt ausfüllte, so ist nur der zweite Fall möglich, weil sich in dem Gneiss kein Eisenoxydul in solcher Menge befindet, um Basalt zu bilden.

Es kommen reine Trachytgänge im Trachytconglomerate vor*), dagegen viel häufiger Basaltgänge. Ein solcher Gang auf dem Wege vom Wintermühlenthale nach dem Margarethenkreuz ist 6 Fuss mächtig. Das Nebengestein ist Trachytconglomerat. Die dünnplattenförmige Absonderung, den Saalbändern parallel, ist höchst ausgezeichnet, aber auch dünne Säulen zeigen sich in der Mitte des Ganges. Am Ausgehenden ist das Gestein sehr verwittert, nach der Tiefe frisch und sehr fest. Hier ist es grobkörnig, von dunkelschwarzgrauer Farbe, enthält viele Augitkrystalle, Labrador, Olivin, Magneteisen, Magnetkies, alles Bestandtheile, welche neben den saalbandartigen Trennungen die Entstehung auf nassem Wege über jeden Zweifel erheben. In den Bauen des Altenbruches ist ein anderer Basaltgang bekannt geworden, welcher nur einen Fuss mächtig ist und dennoch auf dem Rücken des Berges auf eine ziemliche Länge bemerkbar ist.

Eine Anzahl anderer Basaltgänge sind in v. Dechen's Führer, S. 193 u. flgd. genauer beschrieben. Sie haben ½ bis 2 Fuss Mächtigkeit, zeigen nirgendwo verglaste Ränder, und haben alle Eigenschaften des jungfräulichen, noch nicht im Feuer gewesenen Basaltes. Die Erklärung hat keine Schwierigkeit, und ist im vorhergehenden enthalten. Es sind alle Permutationen zwischen Trachyt, Trachyt-Conglomerat und Basalt, als Gang- und Nebengestein, denkbar, möglich und auch grösstentheils vorkommend; in gleicher Weise sind sie zwischen Granit, Syenit, Gneiss, Kalkstein, Melaphyr, Porphyr möglich und zum Theil schon gefunden.

Auf der Insel Anglesea gibt es basaltische Gänge von nur wenigen Zollen Mächtigkeit, die das Gebirgsgestein nach den mannigfaltigsten Richtungen durchsetzen. In Irland wechseln die Trappgänge zwischen einigen Zollen und mehreren Hundert Fuss Mächtigkeit. Nach Mac-

*) v. Dechen Geognost. Führer im Siebengebirge, Bonn 1861. S. 191.

culloch's*) Schilderungen sind auf der Insel Barra sehr dünne Gänge von feinkörnigem Basalt; und selbst Aeste davon von ungemeiner Dünne mannigfaltig mit einander verflochten. Sie setzen sowohl im Gneiss, als in dem diesen gangartig durchziehenden Granit auf, und hier findet sich also Gang in Gang. Alle haben scharfe Gränzen. Stellenweise ist das basaltische Adergeflechte so häufig, dass es den Gneiss und Granit in kleine regellose Bruchstücke trennt. Aehnliche Erscheinungen zeigen sich auf den Inselgruppen südlich von Barra. Auf Skye**) setzen häufig Trappgänge in Gneiss auf, und zu Loch im Sandstein. Letztere sind von beträchtlicher Mächtigkeit und können bis zur entfernten Oberfläche des Lias verfolgt werden. Hier gehen also Silicate durch kohlensauren Kalk, ohne ihn verändert zu haben. Diese Gänge werden oft von andern durchschnitten, die oft nicht über ½ Zoll mächtig sind.

Die Masse dieser letzteren Gänge ist ein äusserst dichter, fester, schwarzer Basalt, der manchmal pechsteinartig erscheint. Meyen (Reise I, 107) sah in Chili einen Basaltgang von 1½ Fuss Mächtigkeit, welcher den Granit gangartig durchsetzt. Diese „auffallende Thatsache hatte er auch das Glück,“ in der östlichen Hemisphäre, in China, wiederholt zu beobachten.

Alle diese Vorkommnisse haben die vollkommenste Aehnlichkeit mit den Quarzgängen im Thonschiefer, den Kalkspathgängen im Kalke und Melaphyr, und müssen in gleicher Weise entstanden sein.

Die Granitgänge können keine andere Entstehung haben. Bei dem Bau der neuen Strasse von Realp über die Furka musste eine grosse Menge Felsen abgesprengt werden, wobei eine bedeutende Zahl solcher Granitgänge im Glimmerschiefer und in Granit blosgelegt wurden. Die Granitgänge gehen bis auf Messerrückendicke aus, und laufen bis in das Ausgehende des oben abgerissenen Gesteins; häufig neben einander, dann auch in der Quere sich durchschneidend, wie auch andere Beobachter constatiren.

Macculloch beschreibt solche vom Cap Wrath in Schottland (Western Isles, Tafel 31) und Basil Hall vom Tafelberg am Cap. Aehnliche Gänge sind schon von Oeyenhausen und Dechen im Jahre 1829 beschrieben worden.

Die Gänge im Cornwalliser Granit sind etwas verschieden von der Masse des Hauptgebirges; sie sind feinkörniger und enthalten keinen Glimmer. Stellenweise waltet der Quarz vor bis zum Ausschluss des Feldspathes; an andern Stellen ist auch der Feldspath ganz rein.

Macculloch beschreibt eine Stelle von Eindringen des Granites in Kalk, von Glen Tilt in Pertshire, welche sehr merkwürdig ist. Der Granit sendet hier so viele Adern in den Kalkstein und Schiefer, dass er diese ganz netzartig macht. Die Adern laufen gegen ihr Ende auf

*) Western Islands V. 1. 8,3.
**) Ebendas. S. 395.

die Dicke eines Papierblattes aus. Granitfragmente sind zuweilen im Kalke enthalten, ohne dass sie einen sichtbaren Zusammenhang mit der Granitmasse haben, während sich auch grössere Massen Kalk im Granit schwebend finden. Die Farbe des Kalkes bei Glen Tilt ist blau und sehr krystallinisch, wo er aber dem Granit nahe ist, oder von Gängen durchschnitten wird, ist er hornsteinartig geworden. Der anstossende Thonschiefer ist häufig in Hornblendeschiefer übergegangen. Dieser Uebergang des Kalkes in ein nur wenig mit Säuren brausendes Silicatgestein ist höchst wahrscheinlich noch nach der Bildung des Granits durch Infiltration in die Capillarspalte des Ganges geschehen, und der Hornstein ist kein geschmolzenes Gestein, wie seine noch sehr verdichtete Kieselerde zeigt. Dass Granite, welche sich wechselseitig durchsetzen, von verschiedenem Alter sind, liegt auf der Hand, und dass sie verschiedenartiger Natur sind, ist sehr wahrscheinlich, weil sich im Lauf der Zeiten die Natur der absetzenden Flüssigkeit verändert hat.

Dass nicht allein Granit mehr „das älteste“ Gestein ist, geht aus einer Menge von Beobachtungen hervor, wo er geschichtete Gesteine durchsetzt, in denen organische Reste nicht ganz fehlen, obgleich sie im Allgemeinen selten vorkommen. Demnach hat Granitbildung zu allen Zeiten stattgefunden, und findet noch heute statt.

Betrachtet man die Vorgänge, welche bei der Ausfüllung durch geschmolzene Gesteine nothwendig eintreten mussten, so findet man die ganze Unhaltbarkeit der Annahme. Wenn Feldspath geschmolzen wird, so verliert er sein specifisches Gewicht von 2,56 bis herab zu 2,2. Ausserdem war er weissglühend, und folglich in einem durch Wärme sehr ausgedehnten Zustande. Durch das blose Erkalten musste er sich um diejenige Grösse zusammenziehen, um welche er im weissglühenden Zustande ausgedehnter ist, als im kalten. Es konnte also kein Feldspathgang nach dem Erkalten die ganze Spalte ausfüllen, sondern musste mindestens von einer Seite abgerissen sein und eine neue Spalte bilden. In diesem Falle würde er aber das spec. Gewicht des Bimssteins 2,2 haben. Zeigt er aber nun in der Wirklichkeit das hohe spec. Gewicht 2,56, so müsste der Spalt noch grösser sein. Nun sind aber die Granitgänge im Granit mit diesem so innig verwachsen, dass man Handstücke schlagen kann, in denen der Granitgang mitten hindurch geht. Wie sollte aber der Feldspath zu dem hohen spec. Gewicht kommen, wenn er geschmolzen eingespritzt wurde, und nach der Raumerfüllung erst erkaltete? Es sind also die beiden Umstände, dass die Granitgänge den Spalt vollkommen ausfüllen, und dass der Granit des Ganges das hohe spec. Gewicht hat, absolut nicht nach der älteren Anschauung zu erklären.

Demnach sind die Gesteinsgänge ein unwiderleglicher Beweis gegen die Entstehung der gleichnamigen Felsarten auf feurigem Wege.

Kreislauf der Atmosphäre.

Die Atmosphäre, oder die die Erde umgebende Luft- und Dunsthülle, besteht aus Gasen und Dämpfen, und zwar aus

1) Stickstoff,
2) Sauerstoff,
3) Kohlensäure,
4) Ammoniak,
5) Wasserdampf,
6) Ozon.

Alle diese Bestandtheile bilden ein im Grossen gleichförmiges, im Einzelnen wenig veränderliches Gemenge. Die permanenten Gase sind in den festesten Gränzen eingeschlossen, der Wasserdampf wechselt am meisten. Für den Gehalt an Ammoniak hat man noch keine sichere Mittelzahl festgestellt; Ozon erscheint und verschwindet wieder, die übrigen 4 Stoffe lassen sich durch Analysen in jedem Falle genau feststellen.

Sauerstoff und Stickstoff, welche die Hauptmenge bilden, sind in einem sehr constanten Verhältniss vorhanden. Nach der Untersuchung von Bunsen*) beträgt der Sauerstoff 20,88 bis 20,96 Procent vom Volum beider Luftarten, die andern Bestandtheile hier ausser Acht gelassen oder in runder Zahl nahezu 21 Procent, und entsprechend der Stickstoff 79 Procent. Die Kohlensäure beträgt 4 bis 6 Volume auf 1000, und der Wasserdampf beträgt in den verschiedenen Climaten und Höhen sehr verschiedene Mengen, und ausserdem befindet sich noch in Bläschenform ausgeschiedenes Wasser in der Atmosphäre, welches dieselbe trüb und undurchsichtig macht.

Alle diese 6 Stoffe sind in einem beständigen Kreislauf begriffen, der aber so regelmässig in Verbrauch und Ersatz steht, dass sich das constante Verhältniss der heutigen Atmosphäre schon längst festgestellt hat. Da dieselben keine chemische Verbindung ausmachen, so müssen wir auch den Kreislauf jedes Einzelnen besonders in Betracht ziehen.

Den geringsten Kreislauf in Bezug auf seine Masse hat der Stickstoff, sowohl, weil er die grösste Masse bildet, als auch, weil er die wenigste Verwandtschaft zeigt. Man hat lange den Stickstoff als ein unveränderliches Capital angesehen, welches die übrigen mehr thätigen Bestandtheile nur verdünnte. Allerdings setzt der Stickstoff jeder Verbindung ein grosses Hinderniss entgegen, und kann nur durch die stärksten Kräfte in eine binäre Verbindung gezogen werden; allein wir kennen schon so viele Fälle, wo freier Stickstoff eine chemische

*) Gasometrische Methoden S. 77 u. flgde.

Verbindung eingeht, dass die frühere Ansicht von seiner absoluten Indolenz aufgegeben werden muss. Es ist durch unzweifelhafte Versuche nachgewiesen, dass der Kohlenstoff in der Weissglühhitze bei Gegenwart von Kali Cyan oder Kohlenstickstoff bildet. Ein Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff wird durch electrische Funken im Volum vermindert und es bildet sich salpetrige oder Salpetersäure. Ist aber einmal der Stickstoff in eine binäre Verbindung gezogen, so können daraus alle andern Stickstoffverbindungen hergestellt werden. Nun kennen wir in der Natur bis jetzt nur eine einzige Erscheinung, welche diese Verbindung bewirkt, und diese ist der Blitz. Jeder Blitzstrahl vereinigt eine gewisse Menge freien Stickstoff mit freiem Sauerstoff, und im Laufe der Zeit muss sich die gebildete Verbindung vermehren und mit ihr alle andern Verbindungen des Stickstoffs, welche aus der Sauerstoffsäure entstehen können. Diese Bildung ist ganz unabhängig von dem Leben der Pflanzen und Thiere, denn Gewitter konnten auch vorher in reiner Luft entstehen, welche nur Wasserdampf und permanente Gasarten enthielt. Wenn wir annehmen wollen, dass zu einer Zeit die Atmosphäre und die Erde noch keine Stickstoffverbindungen enthalten habe, so ist der Blitz als diejenige Erscheinung anzusehen, welche es möglich machte, dass Pflanzen entstehen konnten, denn diese verlangen zu ihrer Bildung die Gegenwart von Ammoniak. Das Thier lebt ausschliesslich von der Pflanze, in erster oder zweiter Hand, und von dem Leben der Pflanzen und Thiere wissen wir, dass sie das Capital an verbundenem Stickstoff weder vermehren, noch vermindern. Die Pflanze nimmt keinen freien Stickstoff auf, und das Thier gibt bei seiner Entmischung die ganze Summe des verbundenen Stickstoff wieder als solchen an die Erde und die Atmosphäre zurück. Nach dieser Ansicht müsste sich durch den Blitz das Capital an verbundenem Stickstoff noch vermehren, wenn es keine Thätigkeiten gibt, wodurch der gebundene Stickstoff wieder in den Zustand des freien zurücktritt. Eine solche kennen wir in der Natur nicht, allein der Mensch hat eine solche hinzugebracht, welche wenigstens eine Betrachtung verdient: ich meine den Gebrauch des Schiesspulvers. Die Salpetersäure stammt unstreitig von verbundenem Stickstoff her, sei es, dass sie direct von dem Blitz entstanden wäre, oder dass sie durch langsame Verbrennung des Ammoniaks sich gebildet habe. Durch die Verpuffung des Schiesspulvers tritt der Stickstoff im freien Zustande wieder auf, und der Sauerstoff, welcher als Kohlensäure auftritt, wird durch Pflanzen wieder in Sauerstoff verwandelt. Es hat demnach der Sauerstoff dadurch weder eine Vermehrung, noch Verminderung erlitten, das Capital an gebundenem Stickstoff ist aber entschieden vermindert worden. Wenn es in der Natur keinen Ersatz für den verbundenen Stickstoff gäbe, so würde jeder Kanonenschuss ein Raub an jenem Capital der Natur sein, woraus Pflanzen und Thiere entstehen können, und es müsste mit der Zeit eine solche Veränderung eintreten, dass die Summe des Lebenden auf der Erde ebenfalls ab-

nehmen müsste. Ob aber der Blitz einen vollständigen Ersatz für die Zerstörung des gebundenen Stickstoffs in Gestalt von Schiesspulver gebe, können wir gar nicht wissen, und bleiben also auch darüber im Unsichern, ob das Capital an gebundenem Stickstoff bei dem zunehmenden Gebrauche des Schiesspulvers steigt oder fällt. Nach dem unendlich kleinen Gehalt der Atmosphäre an Ammoniak müssen wir annehmen, dass ein Kanonenschuss ein sehr grosses Volum Luft vollständig ihres Ammoniakgehaltes beraube. Es ist wahrscheinlich, dass die Natur Ersatz liefere für alle natürliche Zerstörungen des gebundenen Stickstoffs, und zwar schliessen wir dies aus der Länge des Bestehens der Natur; ob sie aber darauf eingerichtet sei, für eine durch Menschen erfundene Zerstörung Ersatz zu leisten, bleibt sehr fraglich.

Der Ammoniakgehalt der atmosphärischen Luft beträgt im Sommer mehr, im Winter weniger, wie das auch ganz natürlich ist, bei der stärkeren Verschluckung des Ammoniaks durch kaltes als warmes Wasser. Nach Horsford's*) Analysen beträgt der mittlere Ammoniakgehalt (vom 3. Juli bis Ende Dezember) in 13 Bestimmungen 17,7 Theile Ammoniak in 1 Million Gewichtstheilen Luft. Nehmen wir an, das 1 At. Ammoniak = 17 auch 1 At. Salpetersäure und Salpeter gebe, und dass der Salpeter 75 Procent vom Schiesspulver ausmache, so sind 17 Ammoniak gleich 134 Schiesspulver.

Da 1 Liter Luft, von gewöhnlichen Constanten, 1,29366 Gramm wiegt (in runder Zahl 1,3 Grm.), so sind obige Million Gramm Luft $= \frac{1000000}{1,3} = 769231$ Liter Luft, und wenn 17 Ammoniak = 134 Schiesspulver sind, so berechnen sich 17,7 Grm. Ammoniak zu 139,5 Grm. Schiesspulver; oder 139,5 Grm. Schiesspulver sind gleich dem Ammoniakgehalt von 769231 Liter Luft, oder 1 Pfund Schiesspulver zu 500 Grm. ist gleich dem Ammoniakgehalt von 2757100, d. h. von $2\frac{3}{4}$ Million Liter Luft. Zu obigen Analysen wurde Luft aus den untern Schichten aber der Erde genommen, welche ammoniakreicher sein muss, als jene in den oberen Schichten, und da wir ferner die Luft von 0°C. und 760^{mm} Druck angenommen haben, so ist auch die ganze Atmosphäre nur so zu berechnen, als wenn sie überall dieselbe Dichtigkeit hätte, d. h. als wenn sie 10460 Mal die Höhe des Barometerstandes oder 7950 Meter Höhe hätte.

Es ist also klar, dass alle Berechnungen nur in dem Sinne unrichtig sind, dass der Verlust eher zu gross als zu klein gefunden wurde, weil die Luft weniger reich an Ammoniak ist, als sie angenommen wurde, und ihr Volum beschränkter, als wenn der ganze Luftraum mit gleich dichter Luft gefüllt wäre. Nun ist allerdings die grösste Menge von Ammoniak in der Erde selbst verdichtet enthalten, und es wird dadurch das Capital so wie die Zeit des Verbrauches

*) Liebig's Chemie in Anwendung auf Agricultur I, S. 63.

grösser; aber immer wird durch den Gebrauch des Schiesspulvers die Menge des verbundenen Stickstoffs vermindert. Der Kreislauf des Sauerstoffs muss mit jenem der Kohlensäure zugleich betrachtet werden. Die Pflanzen scheiden Sauerstoff aus und verzehren Kohlensäure, die Thiere scheiden Kohlensäure aus und verzehren Sauerstoff. Diese beiden Thätigkeiten halten sich das Gleichgewicht. Ausserdem wird Kohlensäure erzeugt durch Vermoderung organischer Stoffe und durch Berührung organischer Stoffe mit Eisenoxyd. Die davon herrührende Menge Kohlensäure wird durch Pflanzen wieder in Sauerstoff verwandelt, und der Kohlenstoffgehalt als Pflanzenzelle niedergelegt. Auch dadurch kann keine Veränderung entstehen, denn der Kohlenstoff der vermodernden Pflanzenstoffe war schon einmal Kohlensäure, ehe er in die Pflanze eintrat, und der Sauerstoff war ebenfalls frei vor der Oxydation des Eisens oder der Holzfaser.

Bischof befürchtet eine Verminderung des atmosphärischen Sauerstoffs durch die Oxydation des Eisenoxyduls im Basalt, Augitporphyr und andern Eisenoxydul enthaltenden Mineralien. Zu dieser Befürchtung ist ebenfalls keine Veranlassung vorhanden, denn das Eisenoxydul ist nur entstanden aus der Berührung von Eisenoxyd mit organischen Stoffen, wodurch Kohlensäure austrat, die in Berührung mit Pflanzen schon vorher dieselbe Menge Sauerstoff erzeugte, womit nachher bei der Verwitterung des Basaltes das Oxydul wieder in Oxyd sich verwandelt. Es ist also für die Oxydation des Eisenoxyduls im Basalt die entsprechende Menge Sauerstoff vorher in der Atmosphäre niedergelegt worden, und es ist genau derselbe Sauerstoff, welcher das Eisenoxyd verliess, damit es Oxydul wurde. Wären keine kohlenstoffhaltigen Körper vorhanden, so würde mit der Zeit alles Eisen in Oxyd verwandelt werden, und wir kennen keinen sauerstoffentziehenden (reducirenden) Act auf unserer Erde, als die Wirkung des Sonnenlichtes auf die lebende Pflanze. Ohne Sonnenlicht wären keine Pflanzen vorhanden, ohne diese kein Eisenoxydul, und alle Körper würden zuletzt, so weit als der freie Sauerstoff der Atmosphäre ausreichte, in vollkommen oxydirte Körper übergehen. Auch die Zersetzung der schwefelsauren Salze zu Schwefelmetallen muss auf dieselbe Quelle der reducirenden Kraft der Sonne zurückgeführt werden. Die Frage, ob einmal aller freier Sauerstoff in Kohlensäure vorhanden gewesen sei, ist wiederum die verbotene Frage vom Anfang. Unsere Beobachtungen gehen alle darauf hin, dass Kohlensäure, Sauerstoff und Pflanzen immer gleichzeitig auf der Erde vorhanden waren. Die Kohlensäure der Kalkgebirge hat ebenfalls ihren Kreislauf gehabt.

Der Kreislauf des Ammoniaks ist sehr einfach. Von Pflanzen wird es unter dem Einfluss von Licht, Wärme und Phosphorsäure im Lebensacte zu Albumin gebunden, und niemals entsteht daraus freier Stickstoff, sondern sowohl die absterbenden Wesen als ihre Auswurfstoffe während des Lebens entwickeln durch Fäulniss ebensoviel Ammoniak,

als zu ihrer Entstehung von den Pflanzen angeeignet worden war. Dadurch wird das Capital in Ammoniak weder vermindert noch erhöhet. Dass aus der Wirkung des Blitzschlages eine Vermehrung des Ammoniaks auf einem Umwege stattfinden könne, ist eben entwickelt worden. Das in der Erde zu Salpetersäure verbrannte Ammoniak kann durch andere Vorgänge wieder in Ammoniak übergehen, vorausgesetzt, dass es nicht zu Schiesspulver verwendet wurde.

Der Kreislauf des Wasserdampfes wird allein durch Wärme bedingt. Niemals finden wir eine von Wasserdampf ganz freie, und fast niemals eine damit gesättigte Luft. Der ewige Destillationsprocess sorgt dafür, dass keine Sättigung der Luft eintrete, und an den meisten Orten auch, dass kein Mangel entstehe. Dass eine gewisse Menge Wasser auch von den Pflanzen zersetzt werde, und dass sein Sauerstoff, wie der der Kohlensäure, in die Luft austrete, zeigt die Analyse der ätherischen Oele, welche fertig gebildet in Pflanzen vorkommen. Dies geschieht in ganz gleicher Art in der nordischen Fichte wie in dem Zimmt- und Campherbaum. Dieser abgeschiedene Wasserstoff findet im Laufe der Zeit seinen Sauerstoff wieder.

Ob in der atmosphärischen Luft wirkliches Ozon, oder ein ihm gleichwirkender Stoff, etwa salpetrigsaures Ammoniak vorhanden sei, steht nicht über jedem Zweifel fest. Eine Ursache der Ozonbildung dürften wir ebenfalls im Blitze finden, wie uns die Electrisirmaschine und der Ruhmkorff'sche Apparat zeigt. Zur Verwendung des Ozons und zu seiner Zerstörung bietet die Natur tausend organische Körper dar, selbst im gasförmigen Zustande. Es wird also niemals eine Anhäufung dieses Körpers in der Atmosphäre stattfinden.

So sind also die in der Luft enthaltenen einzelnen Stoffe in einem ewigen Kreislaufe begriffen, dessen letzte Ursache in der Sonne gefunden wird, und ihre bezüglichen Mengen bleiben sich sehr lange gleich. Man hat die Ansicht ausgesprochen, dass die ungeheuren, in der Erde abgelagerten Mengen von Steinkohle, Erdöl, Erdpech, früher in Gestalt von Kohlensäure hätten müssen existirt haben, und dass die Luft reicher an Kohlensäure (und nothwendig ärmer an Sauerstoff) hätte gewesen sein müssen. Unzweifelhaft waren alle diese sichtbaren Pflanzenreste einmal Kohlensäure, und eben so sicher sind sie auf viele Tausende von Jahren aus dem kreisenden Capital der Natur ausgeschieden. Wenn der Mensch jetzt die Steinkohlenlager ausgräbt, und durch Verbrennen derselben den Kohlenstoff der Atmosphäre zurückgibt, so kann in Folge dessen eine reichere Vegetation entstehen, aber der Sauerstoffgehalt der Luft bleibt unverändert. Auch dürfte der Kohlensäuregehalt der Luft sehr wenig verändert werden, weil die Pflanzen denselben immer vermindern und in sich niederlegen. Es konnte also auch in früheren Zeiten eine reichere Vegetation auf der Erde bestehen, und dadurch das Verhältniss der Kohlensäure den heutigen ziemlich nahe gleich gewesen sein. Ob die natürlichen Veränderungen der Erde genügen würden, den

Kohlenstoffgehalt der Steinkohlenflötze wieder in den Kreislauf hineinzuziehen, was offenbar nur durch Kohlensäurebildung geschehen könnte, lässt sich mit Grund bezweifeln, indem die Steinkohlen an sich keine Verwandtschaft zu Sauerstoff bei niedern Temperaturen zeigen, und im Laufe der Zeiten immer mehr in Sandkohlen und Anthracit übergehen, wo ihre Verbrennlichkeit noch mehr vermindert ist.

Die Ablagerung der Kalkgebirge ist allerdings auch eine Verminderung des verwendbaren Capitals an Kohlenstoff und an freiem Sauerstoff, aber eine solche, die immer bestanden hat, und die ebenfalls im Kreislauf ersetzt wird. Ungeheure Mengen Kohlensäure treten an vielen Orten aus der Erde in die Atmosphäre und kehren in den Kreislauf zurück. Eine sehr allgemeine Ursache dieser Kohlensäureentwicklungen ist die Wechselwirkung kieselerdehaltiger Flüssigkeiten auf kohlensauren Kalk. Die Kieselerde kommt aus den obersten abgelagerten Schichten der Erde, die aus dem Detritus höher liegender Gebirge entstanden sind. Diese fein zerriebenen, dem Wasser und der Kohlensäure durchdringlichen und in beständiger Auflösung begriffenen Schichten geben das Material zur Bildung neuer krystallinischer Gesteine in den tiefsten Schichten, wo die kohlensauren Kalkablagerungen liegen. Es entstehet je nach der Natur der eindringenden Flüssigkeiten, eines jener Gesteine, die zwischen Granit und Basalt eingereiht werden können, und damit erheben sich die obern Schichten der Erde, indem die unteren wachsen. Die Kalkablagerungen verrichten demnach in dem Bau der Erde den Dienst, dass sie die Erhebung des Festlandes über die Meeresfläche mit bedingen.

Kieselsäure contra Kohlensäure.

Diese beiden Grossmächte, wie Volger sie richtig nennt, beim Baue der Erde stehen in ewigem Kampfe miteinander um den Besitz der basischen Oxyde. Nach den Umständen gewinnt jede einzelne den Kampf.

Beide gehören zu den schwachen Säuren, jedoch nach gewöhnlichen chemischen Begriffen ist die Kohlensäure etwas stärker. Kieselsäure, selbst in Lösung, hat keine saure Reaction. Sie färbt niemals das blaue Lakmuspapier roth. Das mit ihr verbundene Alkali reagirt ebenso stark alkalisch, als wäre es im unverbundenen Zustande.

Die Kohlensäure reagirt schwach als Säure. Sie färbt das blaue Lakmuspapier violett, aber nicht zwiebelroth, wie starke Säuren. Das mit ihr verbundene Alkali ist in einem schwachen Grade gesättigt, denn

es tritt früher eine röthliche Färbung des Lakmuspigments ein, als alles Alkali gesättigt ist. In einem Punkte unterscheiden sie sich wesentlich: in der Flüchtigkeit.

Die Kieselsäure ist nach unseren Begriffen absolut feuerbeständig. Sie kann durch die stärkste Hitze geschmolzen aber trocken nicht verflüchtigt werden. Die Kohlensäure ist im reinen Zustande ein Gas, was zwar durch starken Druck und Kälte zu einer Flüssigkeit verdichtet werden kann, aber in diesem Zustande noch eine grosse Dampfspannung zeigt. Dieser Fall kömmt in der Natur nicht vor. Die Kohlensäure ist also für uns ein Gas. Sie hat eine gewisse Verwandschaft zu Wasser und löst sich in demselben in einem bestimmten Verhältniss auf. In diesem Zustande hat sie ihre Spannkraft verloren. Wir nehmen also an, dass bei jeder Temperatur die Verwandschaft der Kohlensäure zu Wasser die Spannkraft von einer bestimmten Menge Kohlensäure aufheben kann, und diese Menge als Gas von 0 °C und 760^{mm} Barometerdruck im Verhältniss zu dem Wasservolum ausgedrückt, nennt man den Absorptionscoefficienten. Derselbe ist von Bunsen für den gewöhnlichen Luftdruck, worunter man einen Barometerstand von 760 Millimeter oder 28 Pariser Zoll 0,9 Linien versteht, und für die Temperaturen 0 bis 20°C auf das schärfste ermittelt worden. Er ist für 1 Volum Wasser

bei	0°C	=	1,7967
	5	=	1,4497
	10°	=	1,1847
	15°	=	1,0020
	20°	=	0,9014

Diese Zahlen besagen also: 100 Volum reines Wasser bei 0°C mit Kohlensäure gesättigt nehmen 179,67 Volum Kohlensäure von 0°C und 760^{mm} Druck auf. Wäre das Wasser nicht vorhanden, so würden in denselben Raum nur 100 Volum Kohlensäure gehen; der Ueberschuss von nahezu achtzig Volum auf 100 Wasser wird allein durch die Verwandschaft des Wassers festgehalten; und so für die andern Zahlen auch. Die Tabelle lässt sich nur durch Versuche, nicht durch Berechnung nach den vorhandenen Zahlen erweitern.

Die Summe des verschluckten Gases nimmt mit dem Luftdruck in proportionalem Verhältniss zu. Wäre z. B. der Druck gleich 2 Atmosphären oder 1520^{mm}, so würden für dieselben Temperaturen die obigen Zahlen doppelt zu nehmen sein, und 100 Vol. Wasser von 0° würden 359,34 Vol. Kohlensäure von denselben Bedingungen aufnehmen und so für alle übrigen Zahlen. Nun kann aber ein solcher Druck durch die Atmosphäre selbst niemals ausgeübt werden, wohl aber in Flüssigkeiten. Man versteht unter 1 Atmosphäre Wasserdruck eine senkrechte Höhe von Wasser, die bei gleichem Querschnitt wie das Quecksilber im Barometer, eben so viel wiegen würde, wie die Quecksilbersäule von 760^{mm} Höhe. Es ist einleuchtend, dass diese Wassersäule um so viel-

mal höher ist, als die Quecksilbersäule, als das Quecksilber specifisch schwerer ist als das Wasser. Das spec. Gew. des Quecksilber ist 13,58; also ist 1 Atmosphäre Wasser = $13{,}58 \times 760^{mm}$ = 10,32 Meter hoch. Nimmt man das Meerwasser zum spec. Gew. 1,027 an, so wird dieselbe Wirkung von $\frac{10{,}32}{1{,}027}$ = 10,04 Meter Meerwasser ausgeübt werden. Also annähernd für jede 10 Meter Einsenkung nimmt der Druck um eine Atmosphäre und der Absorptionscoefficient um das ebenso viel Malige zu. Beispielweise würde für 1000 Meter Einsenkung ins Meer der Druck = 100 Atmosphären sein, und 100 Volum Wasser würden 17967 Volum Kohlensäure aufnehmen müssen. Diese Verhältnisse sind nothwendig zu wissen, um sich von der möglichen Grösse der Einwirkung der Kohlensäure in bedeutenden Tiefen einen Begriff machen zu können.

Kohlensäure und Kieselsäure können sich wechselseitig austreiben, wenn die ausgeschiedenen Theile weggeführt und von dem zersetzenden Stoffe neue hinzugeführt werden. Jede kieselsaure Verbindung kann zuletzt durch Kohlensäure und jede kohlensaure Verbindung durch Kieselsäure zersetzt werden. Im ersten Falle verschwindet freie Kohlensäure, im zweiten entsteht sie. Es kommt also darauf an, welcher Stoff nachhaltig vorhanden ist. In unsern Versuchen zersetzt Kohlensäure gefällten kieselsauren Kalk. Die Flüssigkeit enthält nach der Einwirkung aufgelösten Kalk, den sie vorher nicht enthielt. Freie vertheilte Kieselerde zersetzt dagegen kohlensauren Kalk nicht merklich in gewöhnlicher Temperatur, wohl aber beim Sieden, wo dann die Flüchtigkeit der Kohlensäure mit zu Hülfe kommt, und indem die frei gewordene Kohlensäure mit den Wasserdämpfen entweicht, kann sie der Kieselsäure nicht mehr entgegen wirken und diese kann ihren Angriff auf neue Theile des kohlensauren Kalkes fortsetzen. So kann zuletzt aller kohlensaure Kalk durch die genügende Menge Kieselsäure zersetzt werden. Gepulverter Quarz wirkte ähnlich, nur schwächer, und von den kohlensauren Verbindungen werden Eisenspath, kohlensaure Bittererde und wahrscheinlich auch alle andern Carbonate zersetzt. Was aber in obigen Versuchen durch Kochen sogleich geschah, findet in der Natur durch längere Einwirkung ebenfalls statt und es sind viele Andeutungen vorhanden, dass manche Entwicklung von kohlensaurem Gas lediglich von der Infiltration von Kieselerde in kohlensauren Verbindungen, also im Grossen in kohlensaurem Kalk stattfindet. Durch diesen Vorgang entstehen Silicate, und da die Kieselsäure nicht rein ankommt, sondern mit andern Stoffen, die auch in Wasser gelöst sein können, gemischt, so können sich Doppelsilicate bilden, je nach der Natur der infiltrirenden Flüssigkeit und des unterliegenden Körpers.

Aus der Einwirkung der Kohlensäure auf Silicate entstehen kohlensaure Erden und Metalloxyde, wasserhaltige Verbindungen von Thonerde und Kieselerde, freie Kieselsäure in Lösung, die dann auf ihrem Wege wieder neue Verbindungen eingehen kann.

Bei hoher Temperatur gewinnt aber unter allen Umständen die feuerbeständige Kieselsäure den Sieg. Durch Schmelzung reiner und verbundener Kieselsäure mit Carbonaten entstehen geschmolzene Silicate und freie Kohlensäure tritt aus. Diese Erscheinung findet sich an thätigen Feuerbergen. Nun betragen aber diese im Verhältniss zur Erde einen so kleinen Bruchtheil, dass wir diesem Vorgange nicht die Rolle zuschreiben können, die durch Kohlensäure zerstörten Silicate wieder herzustellen. Die Nothwendigkeit des Kreislaufs bringt uns auch hier zu dem Schlusse, dass wir den ausgeschiedenen Stoffen die Wiederherstellung übertragen müssen. Wenn massenhaft auf der Oberfläche der Erde feste Silicatgesteine durch die Einwirkung der Kohlensäure zerstört werden, so ist auch anzunehmen, dass durch einen anderen gleichverbreiteten Vorgang sie wieder hergestellt werden. Dazu sind die Feuerberge ihrer Ausdehnung nach nicht entfernt hinreichend, ganz abgesehen davon, dass ihre Producte gar nicht das Ansehen und die Eigenschaften derjenigen Gesteine tragen, die wir täglich durch Verwitterung abnehmen sehen.

Die Bildung von Silicaten durch Infiltration in unterliegende Carbonate kann allerdings nicht factisch nachgewiesen werden, weil die Natur uns nicht den Zutritt zu diesen Werkstätten gestattet, und wenn sie es thäte, würden wir wegen der Langsamkeit des Vorganges doch nichts beobachten können. Allein es gibt Vorkommnisse auf unserer Erde, wo die Natur in ihrer Arbeit gleichsam unterbrochen worden ist, und wo das neue und das alte Gebilde noch innig mit einander verwachsen sind. Es gibt Kalkfelsmassen mit und ohne Schichtung, welche Talk, Chlorit, Glimmerblättchen, Feldspathe enthalten, vom ganz vereinzelten bis zum Ueberhandnehmen. Hugi hat in seinen Alpenreisen zahlreiche Uebergänge von Kalk in Gneiss, Granit und andere Silicatgesteine beschrieben. Die entgegengesetzte Verwandlung ist nicht denkbar, weil aus Granit kein kohlensaurer Kalk entstehen kann und weil der vorhandene kohlensaure Kalk sich als ächter Meereskalk zu erkennen gibt.

In von Busser's Beschreibung der Gesteine und Lagerungsverhältnisse des Reussthales (Denkschrift der schweiz. naturforsch. Gesellschaft Band I, 1829) finden sich Uebergänge des Jurakalkes mit ihren Glimmer-, Quarz-, Feldspatheinmengungen bis zum vollständigsten Granit und Gneiss beschrieben. Brochant de Villiers hat 1817 in seiner Abhandlung über die Gebirge der Tarentaise (Leonhard's Jahrbuch, 1817) die von ihm damals noch für Uebergangsgebirge gehaltenen jurassischen Gesteine mit ihren Silicateinmengungen und allen Uebergängen in Gneiss und Granit sehr genau beschrieben und führt zur Vergleichung ganz ähnliche „Urkalke“ aus Schottland mit Augit, Hornblende, Quarz, Sphen, Feldspathkrystallen an. Horace de Saussure führt in seiner Alpenreise am Ende der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts an vielen Stellen solche Gesteine auf, die er Granite nennt, obgleich sie

Kalkspath enthalten. Die vollendeten Granite hält er für Urgebirge oder Primitiv-Granite, dagegen die Kalkspath-Granite für secundär. In den Abhandlungen der Senkenbergischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. hat Herr Hessenberg eine krystallographische Untersuchung über die im Jurakalk des Col-de-Bonhomme porphyrartig eingewachsenen Feldspathkrystalle niedergelegt. Volger theilt in den Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Zürich von 1854 in 3 Abhandlungen Beobachtungen über die Umwandlung calcitischer Sedimentschichten in Feldspathgestein mit. Die Schalsteine des Lahnthals sind bekannt, in denen ein chloritisches Mineral so in den Kalkstein eingedrungen ist, dass oft nur noch 30 bis 40 $\frac{0}{0}$ kohlensaurer Kalk darin übrig geblieben sind. Prof. Tschermak theilte bei der Versammlung zu Giessen (Sept. 1864) Beobachtungen mit über die Verwandlung sedimentärer Kalke in Silicate am Grossglockner. Wir werden in den metamorphischen Gesteinen eine zahlreiche Gruppe von Felsarten kennen lernen, welche sämmtlich auf nassem Wege durch Einwirkung kieselerdehaltiger Lösungen zu Stande gekommen sind. Demnach sind, ausser den Vulkanen, noch hinreichende Beweise vorhanden, dass kalkige Absatzgesteine durch die lange und anhaltend wirkende schwache chemische Verwandschaft der Kieselsäure zu den Basen in Silicate umgesetzt werden können.

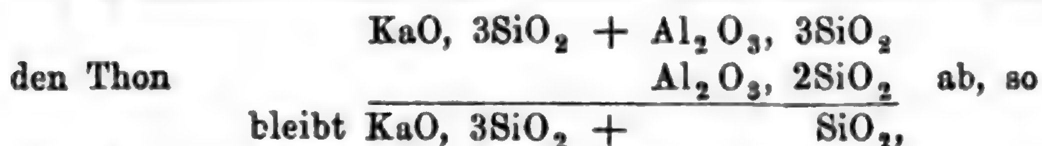
Der umgekehrte Process, die Verwitterung, geschieht täglich unter unsern Augen an freier Luft.

Die Kohlensäure ist wesentlich an die oberen Schichten der Erde geknüpft, theils mit ihrer Gegenwart in der Atmosphäre, theils in ihrer Wiederbildung aus der Verwesung abgestorbener Pflanzen und Thiere, und aus deren Verbrennung, worin das Athmen der Thiere einbegriffen ist. Alle kohlensaure Verbindungen, die in letzter Instanz auf den kohlensauren Kalk zurückkommen, werden auf der obersten Erdschichte am Meeresboden abgelagert und können nur durch Verschüttung und Einsenkung in grössere Tiefen gelangen. Die Wirkung der Kohlensäure muss deshalb auch vorzugsweise an die oberen Schichten der Erde geknüpft sein. Bildung von Silicaten bei gleichzeitiger Gegenwart freier Kohlensäure ist nicht möglich. Wir kommen also durch Induction zu dem Schlusse, dass Silicatbildung auf die inneren und tieferen Schichten der Erde beschränkt sein muss, dagegen Silicatzerstörung wesentlich in den oberen Schichten liegen muss. Die letztere können wir in tausend Fällen beobachten, weil sie uns zugänglich sind, und die Producte der Zerstörung, Thon, Lehm, sich durch ihre Zusammensetzung und Lagerung als solche zu erkennen geben. Die Silicatbildung ist uns unzugänglich, und in dem gebildeten Silicat nur als Fertiges anschaulich. Der Schluss auf die Bildung ist also nicht so auf der Hand liegend, wie der Hergang bei der Zerstörung. Da nun die Zerstörung täglich und immer ihren

Verlauf hat, und wir der Erde keinen bestimmten Zeitraum ihres Bestehens nachweisen können, da an fertigen Silicaten auch jetzt überall Ueberfluss vorhanden ist, so muss man folgerecht schliessen, dass Zerstörung und Bildung im Gleichgewicht stehen und dass also die Bildung neuer Silicate in den Tiefen der Erde ihren unausgesetzten Fortgang habe.

Zersetzung des Feldspaths und anderer Silicate durch Verwitterung. Dieser ist einer der wichtigsten Vorgänge in der Natur, denn es beruht darauf die Bildung der Ackererde mit ihrem Gehalte an Kali; es beruht darauf die regelmässig bleibende Gestalt der Erdkugel, weil ohne die Verwitterung die Gebirge eine ungeheure Höhe annehmen könnten. Die Verwitterung geschieht durch die lösende und sprengende Wirkung des Wassers und der Kohlensäure auf die Bestandtheile des Feldspaths.

Feines Feldspathpulver wird bei 100° durch Wasser nicht merkbar zersetzt; bei 125° im papinischen Digestor macht es das Wasser schwach, bei 150° stark alkalisch und noch stärker bei 220°. Es löst sich hierbei $KO, 4SiO_2$ und da die Kieselsäure durchaus keine saure Reaction zeigt, so lässt sich das gelöste Kali ohne weiteres alkalimetrisch bestimmen. Es ist dies derselbe Vorgang wie bei der langsamen Verwitterung. Um den ganzen Belang der Verwitterung zu erkennen, braucht man nur das endliche Product der Zersetzung, den Thon, von dem ganzen Feldspath abzuziehen. Aus einer grossen Anzahl von Analysen hat sich die Zusammensetzung des Thones, Kaolins als $Al_2O_3, 2SiO_2 + 2Aq$ herausgestellt. Es ist also ein gewässertes Bisilicat der Thonerde. Da das Wasser nicht im Feldspathe enthalten ist, so können wir es zunächst ausser Acht lassen. Zieht man von der Feldspathformel



$$\begin{array}{lr} & KaO, 3SiO_2 + Al_2O_3, 3SiO_2 \\ \text{den Thon} & Al_2O_3, 2SiO_2 \quad \text{ab, so} \\ \hline \text{bleibt} & KaO, 3SiO_2 + \quad SiO_2, \end{array}$$

also 1 Atom Kali und 4 At. Kieselsäure sind verschwunden. Der wasserleere Thon hat nach seinen Bestandtheilen das Atomgewicht 111,5, welche aus 1 At. Feldspath = 278,61 entstanden sind. Er beträgt also 40 % vom Feldspath. Rechnet man die 2 At. Wasser hinzu, so ist das Atomgewicht des Thons 129,5 und es beträgt in diesem Falle 46,5 % vom Gewicht des Feldspathes.

Ob bei obiger Zersetzung geradezu ein Quadrisilicat des Kalis ausgezogen werde, oder ein Bisilicat, Trisilicat, steht einfach dahin, denn die Kieselsäure ist in dem ausgeschiedenen Zustande löslich. Forchhammer stellte auf künstlichem Wege sechs verschiedene Verbindungen von Kali mit Kieselsäure dar, in denen der Sauerstoff der Kieselsäure das 2, 4, 8, 16, 36 und 48fache von dem des Kalis betrug. Er fand, dass das kieselsaure Kali, worin der Sauerstoff der Kieselsäure das 8fache des Kalis betrug, noch in Wasser löslich war, aber keines darüber. Es ist dies gerade jenes Quadrisilicat aus dem

Feldspath, die Annahme der vollständigen Lösung also zulässig. Auch wird viel künstliches Wasserglas dargestellt, welches beinahe dieselbe Zusammensetzung hat.

Die Natur liefert den Thon meistens gemengt mit kohlen saurem Kalk, Bittererde, wodurch er mit Säuren braust, mit Eisenoxydhydrat, Manganoxydhydrat, fein vertheiltem Quarz, Feldspath, Albit, Glimmer, organischen Stoffen u. s. w. Man kann sich leicht vorstellen, wie diese Beimengungen theils von dem Ursprunge des Thones selbst herkommen, theils auch später hinzugekommen sind, so wie man sie bei Verwendung des Thons zu Porzellan und Steinwaaren auch wieder durch Schlämmen und Behandeln mit Salzsäure zu entfernen sucht. Enthalten die feldspathigen Gesteine Kalkfeldspathe, Labrador, so kommt kohlensaurer Kalk von selbst hinein, enthielten sie neben dem Feldspath noch eine Beimengung von Augit und Hornblende, wie Basalt, Diorit, so erklärt sich die Anwesenheit von Eisenoxyd leicht.

Man hat die fleischrothe Farbe des Feldspathes häufig für eine anfangende Zersetzung, eine Oxydation des Eisenoxyduls, erklärt. Dieser Ansicht kann man nicht wohl beitreten. Eisen ist im Feldspath nur als Oxyd in Vertretung von Thonerde enthalten. Die Verbindung des Eisenoxydes mit Säuren, also im Feldspath mit Kieselsäure, hat eine andere Farbe als das reine Eisenoxyd. Schwefelsaures Eisenoxyd ist fast farblos, Eisenchlorid hochgelb, weinsteinsaures Eisenoxyd grünbraun, gerbesaures schwarz. Jod erscheint in wässriger Lösung braungelb, in Schwefelkohlenstoff oder Chloroform lebhaft violett. So scheint die fleischrothe Farbe des Feldspathes dem Eisenoxydsilicat eigen zu sein, wofür denn auch das Eindringen dieser Farbe in das Innerste spricht. Solche Stücke, wie die Granitschale vor dem Museum zu Berlin, an den Granitwürfeln auf der Schlossbrücke, dem Mausoleum zu Charlottenburg, den beiden Badewannen im Museum sind ursprünglich und nicht durch Verwitterung gefärbt, wovon an diesen Werkstücken keine Spur ist.

Porzellanerde, Thon. Durch Verwitterung und Abschlämmen kann kein Thon entstehen, wie sich derselbe vielfach sehr rein und zur Topfbildnerei geeignet vorfindet. Thon setzt sich am schwierigsten von allen pulverförmigen Stoffen ab, und wo er durch Schlämmen vereinigt wäre, müssten eine grosse Anzahl Schichten vom Sande an bis zum feinsten Schlamme übereinander gelagert vorkommen. In der Wirklichkeit findet sich aber der Sand ganz gleichmässig im Thon vertheilt. Fresenius hat die nassauischen Thone auch durch mechanische Sonderung geschieden und darin von 16 bis zu 36 % Sand gefunden. Dies wäre unmöglich, wenn die Thone schon einmal geschlemmt gewesen wären. Diese Thone enthielten von 63 bis 77 % Kieselerde, 14 bis 25 % Thonerde, 1½ % Eisenoxyd, Spuren von Kalk und Bittererde, bis 2½ % Kali und im Durchschnitt 5 bis 6 % Wasser. Die Abstammung der

Porzellanthone aus Feldspath hat Forchhammer*) sehr gründlich nachgewiesen.

Porzellanerde (Kaolin) und plastischer Thon liegen überall noch auf der ersten Stelle der Entstehung; einmal aufgeschlämmt kommen sie niemals wieder in dieser reinen Gestalt zusammen. Das Kaolinlager bei Schneeberg in Sachsen, welches in Meissen verarbeitet wird, ist nichts anders als eine den kleinkörnigen Granit einhüllende Schale sehr grosskörnigen Granits, dessen Feldspath sich in einem mehr oder weniger aufgelösten Zustande befindet. Man kann sich die Entstehung am leichtesten erklären, dass Strömungen von kohlensaurem Wasser irgend eine Stelle des Feldspathes längere Zeit berührt haben, wodurch derselbe zersetzt und in Kaolin verwandelt wurde. Wie viele solcher Stellen mögen noch im Innern der Erde liegen, während die wenigsten durch Entblösung aufgedeckt wurden. Reiner Feldspath gibt dabei Kaolin, Basalte und Dolerite geben plastischen Thon, Hypersthenfels und Gabbro geben Walkererde. Die von Fresenius analysirten Thone verrathen ihre Abstammung durch einen Gehalt von 1 bis 2 % Eisenoxyd, $\frac{1}{3}$ bis 1 % Kalk und $\frac{1}{3}$ bis $\frac{4}{5}$ % Bittererde. Die ächten Kaoline von St. Yrieux, Nievre, Bretagne, China, Cornwall**), zeigen gar keinen Gehalt an diesen 3 Bestandtheilen, daher ihre Unschmelzbarkeit und die Weisse ihres Productes. Der plastische Thon hat immer noch Reste, welche seinen geringeren Werth bedingen. Ich spreche hier die Ansicht aus, dass der gemeine plastische Thon von der Zersetzung von basischeren Silicaten herrühre, und dass ganze Nester derselben in Thon übergehen können, in welchem Falle sie dann ihre ursprüngliche Natur verloren haben. Bei Urbar kömmt ein solcher Pfeifenthon vor und nicht weit davon bricht ein Gabbro oder Diorit, dessen Analyse folgende Zusammensetzung ergeben hat:

SiO_2	50,56
Al_2O_3	19,16
Fe_2O_3	4,90
MgO	6,30
CaO	3,12
NaO	4,33
KO	0,01
HO	2,86
	99,89

Hier sind alle jene Bestandtheile beisammen, welche den Thon verunreinigen. In der ganzen Umgegend kömmt auch kein reines Feldspathgestein vor, wohl aber Braunkohle. Man ist gewohnt, in der Geologie Thone und Braunkohle zusammenzufassen, weil sie sich häufig beisammen finden. Der Zusammenhang ist kein zufälliger sondern ein

*) Pogg. 35,331.

**) Handwörterbuch der Chemie 1. Aufl. 8,747.

ursachlicher. Die Braunkohlen sind die Quelle einer ununterbrochenen Kohlensäureentwicklung *), und das ist der natürliche Grund, warum in ihrer Umgebung so häufig Silicate in Thon verwandelt werden. Die Silicate selbst aber stammen von einer ganz andern Bildung her, ihre Anwesenheit ist zufällig, aber ihre Zersetzung eine Nothwendigkeit. Die ganze Bildung der Kaoline und Thone kann eigentlich auch gar nicht eine Verwitterung, von dem Worte Wetter, genannt werden, weil sie im Innern der Erde statt findet. Das Product hat nur eine gewisse Aehnlichkeit mit dem durch Verwitterung gebildeten, daher die Verwechslung. Dass diese Thone aus Grünsteinen sehr oft eisenarm sind, kann durch die Anwesenheit kleiner Mengen organischer Substanzen in der kohlensauren Flüssigkeit erklärt werden; das Eisenoxyd wird zu Oxydul reducirt und weggeführt. Oft sind diese Thone aber sehr tief eisenoxydfarbig, wie der gemeine Töpferthon. Hier dürfte die ursprüngliche Eisenmenge grösser gewesen sein, wie bei magneteisenhaltigen Gesteinen, oder auch zugleich der organische Stoff in der Flüssigkeit gefehlt haben. Endlich ist noch zu bemerken, dass der aus Trisilicaten ausgeschiedene Kaolin nicht so schlüpfrig und plastisch ist, als der aus Grünsteinen entstandene Thon, weil in letzterem grössere Mengen Basen (im Labrador und Augit) vorhanden waren, genau so, wie die Kieselerde bei der Analyse aus sauren Silicaten pulverig, aus basischen gallertartig auftritt.

Der sehr feuerbeständige Thon von Lannesdorf bei der Station Mehlem, unweit Godesberg, ist aus verwittertem Grauwackensandstein entstanden. Schieferung und Schichtung lassen dies deutlich erkennen. Die aufgerichteten Schichten fallen mit 62° nach Norden ein, haben also dieselbe Lage, wie das ganze rheinische Schiefergebirge. Die Ablagerung und Aufrichtung dieser Schichten fällt in eine sehr frühe Periode hinein, während die Verwitterung durch Kohlensäure noch nach der Zeit der letzten Hebung fällt, wo man die Braunkohlenformation annimmt. Erst aus der Vermoderung der Holzstämme in der Braunkohle entstand jene Kohlensäure, welche den Grauwackenschiefer zerstörte und in Thon umwandelte. Es liegt hier ein bestimmter Fall vor, dass Grauwackensandstein durch Zerstörung mittelst Kohlensäure an Ort und Stelle in plastischen Thon übergegangen ist. Ein ganz ähnlicher Fall ist hinter dem Bierkeller am Fusse des Kreuzberges bei Bonn zu beobachten. Hier liegt Grauwacke in einen sandigen Thon und Thonschiefer dicht daneben in einen plastischen, schmierigen Thon verwandelt. Man erkennt noch die Lagerung und die frühere Beschaffenheit des Gesteins.

Palagonit. Eine besondere Art der Zerstörung von Silicaten findet sich in Island als Palagonittuffe.

Dieses Gestein hat nach Bunsen (Pogg. 83,221) eine sehr grosse

*) Varrentrapp in Dingl. polyt. Journ. 175,156.

Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung, aber einen constanten Bestandtheil, Wasser in sehr ansehnlichen Mengen von 17 bis 23 %. In allen Analysen ist ein fremdartiger Rückstand aufgeführt, wahrscheinlich der durch Salzsäure nicht zersetzbare Antheil von kieselerdereicherem Feldspath und Quarz. Dieser Rückstand geht von 0,96 % bis 31 % und deutet auf die ungleiche Mischung der ursprünglichen Gesteine. So wie der durch Zersetzung des Feldspathes entstehende Kaolin und Thon, und der aus den Basalten gebildete plastische Thon, die aus den bittererdehaltigen Grünsteinen gebildete Walkererde Wasser in chemischer Bindung enthalten, ebenso enthalten die Palagonite Wasser in solcher Menge, dass es nicht als hygroscopisch angesehen werden kann. Die Zusammensetzung eines solchen Palagonits von Seljadalr ist folgende:

SiO_2	Al_2O_3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Rückstand
37,42	11,17	14,18	8,76	6,04	0,69	0,65	17,15	4,11

Man kann sich nicht leicht denken, dass aus einem wasserleeren Silicatgestein ein wasserhaltiges ohne Wegführung eines oder mehrerer Bestandtheile entstehen könne, wie das schon bei der Zersetzung der Feldspathe erkannt wurde. Wenn die Isländischen Gesteine ebenfalls durch Kohlensäure zersetzt wurden, so würde sicherlich auch der Kalk und die Bittererde fehlen. Den natürlichsten Schlüssel zur Erklärung der Palagonite geben uns die Geyser von Island. Die Analysen des Geyserwassers von Sandberger (Annal. d. Chem u. Pharm. 62,49 und von Forchhammer (Pogg. 35,348) weisen keinen Kalk nach und nur Spuren von Bittererde, dagegen Kieselerde und kohlensaures Natron als Hauptbestandtheile. Stellen wir nun irgend ein pyroxenisches Gestein (z. B. Nr. 32, l. c. S. 209), mit obigem Palagonit zusammen, so haben wir

	SiO_2	Al_2O_3 + FeO	CaO	Mg	KO	NaO	HO
Nr. 32	51,75	28,31	10,65	6,13	0,96	2,20	
Seljadalr	37,42	25,35	8,76	6,04	0,69	0,65	17,5
mehr in Nr. 32	14,33	2,96	1,89	0,09	0,27	1,55	—
weniger							17,5

Es geht daraus hervor, dass durch Auslaugen eines Pyroxengesteins durch heisses Wasser der Palagonit von Seljadalr wohl entstehen könne. Eine grössere Uebereinstimmung kann man nicht erwarten, da man das wirkliche Urgestein des Palagonittuffs nicht haben kann, und da die Pyroxengesteine so sehr von einander verschieden sind. Bunsen war zu dem Schlusse gekommen (l. c. S. 225), dass die Substanz der geschmolzenen (? wasserleeren) palagonitischen Silicate in ihrer Zusammensetzung fast ganz genau mit der normalpyroxenischen Gesteinsmasse übereinstimme. Ich halte dies Resultat für zufällig, weil das Mittel genommen ist aus einer grossen Anzahl sehr von einander abweichender Analysen, und weil bei den Analysen der Palagonite der „fremdartige Rückstand" ausgeschlossen ist, der bei den Pyroxengesteinen mit in der Analyse enthalten war. Dass die Palagonittuffe keine Absätze sind

und namentlich keine aus dem Geyserwasser, geht aus der Analyse des Geyserrohres hervor, welche 94,01 % Kieselerde und 1,7 % Thonerde nach C. Kersten (Pogg. 35,348) ergab. Indem wir die Palagonittuffe mit den Geysern in ursachlichen Zusammenhang bringen, sind beide mit grosser Wahrscheinlichkeit erklärt, der Gehalt des Geyserwassers und das Fehlende der Palagonite.

Wenn es auch Bunsen (l. c. S. 229) geglückt ist, durch Eintragen von Basaltpulver in einen grossen Ueberschuss von geschmolzenem Kalihydrat und Uebergiessen des Ganzen mit Wasser einen Stoff zu erhalten, der sich in der Analyse einem Palagonittuff ähnlich verhielt, so geht daraus doch nicht der geringste Beweis für die wirkliche Entstehung des Palagonites hervor, da wir in der Natur die Bedingungen des feingepulverten Basaltes, des überschüssigen Kalihydrates und der Silberschale nirgend finden. Mit kohlensaurem Kali geht der Versuch absolut nicht, weil dieses vor dem Schmelzen sein Wasser verliert und Aetzkali kann nirgendwo vorkommen. Dass durch die Zersetzung der Silicate wirklich kohlensaure Alkalien entstehen, ist durch den Gehalt so vieler Mineralwasser, durch das Auftreten der Trona, anderthalb kohlensaures Natron, durch die Natronseen Aegyptens, Ungarns, Kleinasiens und durch wirkliche Versuche zur Genüge nachgewiesen. Der Wan-See, ein Binnensee ohne Abfluss, zeigt eine Anhäufung aller Salze, die aus der Zersetzung von Silicaten und Auslaugung des Bodens entstehen können. Das spec. Gew. des Wassers ist 1,0188 bei 19,5°C. und es enthält nahezu 2 % feste Bestandtheile, darunter anderthalb kohlensaures Natron 0,861 % vom Wasser, Kochsalz 0,938 %, Glaubersalz 0,333 %. Durch freiwillige Verdunstung wird ein Salz erzeugt, welches dort in jedem Haus zur Bereitung von Seife verwendet wird (Pogg. 69,479).

Lös, Lehm, Ackererde. Der Lös ist eine feine, staubartig zerreibliche Masse von hell schmutzig gelber Farbe, welche getrocknet einen ziemlichen Zusammenhang gewinnt, und sich von dem gewöhnlichen Lehm durch einen viel geringeren Grad von Zähigkeit und Bildsamkeit unterscheidet. Er zeigt sich ohne fremde Einmengungen völlig ungeschichtet wohl bis zu 40 Fuss hoch und ist an den Abhängen der Thäler und Schluchten durch viele Hohlwege in fast senkrechten Wänden entblöst. Vorzugsweise findet er sich in den Abhängen des Thonschiefergebirges am Rheine und in den Thälern der Nebenflüsse des Rheines, welche ebenfalls durch Thonschiefer durchgehen. Der Lehm findet sich sowohl auf den Höhen, als auch im Thale, bedeckt die Geröllagen in bedeutender Mächtigkeit und wechselt mit denselben ab. Er enthält keinen kohlensauren Kalk und ist deswegen besser zur Anfertigung von Ziegelsteinen geeignet.

Diese beiden Bildungen sind sowohl ihrer Zusammensetzung als ihrer Entstehung nach wesentlich verschieden. Der Lös ist nach Volger das Product der oberflächlichen Verwitterung des Thonschiefers, dessen Detritus durch Regen abgespült und in die Thäler geführt, dort

von Wiesen aufgehalten wurde. Man kann diesen Vorgang vom kleinsten Anfange an auf einem Schieferdache beobachten. Hat sich irgend eine Spur eines Laubmooses aus fliegendem Samen auf einem Dache angesiedelt, so wird es der Mittelpunkt einer Lösbildung. Nach langer Trockenheit ist das erste Regenwasser von einem Dache trüb von dem abgeschwemmten Staube, der durch Winde darauf niedergelegt wurde. Das durch die Wurzeln des Laubmooses rinnende trübe Wasser lässt hier seinen Schlamm zurück, und das Laubmoos schwillt zu einem rundlichen Wulste auf, der in Breite und Höhe immer wächst. Allmälig vereinigen sich die einzelnen Ansiedlungen und überziehen das Schieferdach mit einer zusammenhängenden Moosdecke. Der in diese hineinfallende Staub bleibt darin fest und auch das erste Regenwasser fliesst klar von einem moosbedeckten Dache ab. In gleicher Art wächst die Wiese zwischen zwei steilen Gebirgswandungen und es entstehen so die schönen Waldwiesen zwischen Bergen, für welche die englische Sprache das Wort lawn hat, und wofür unsere Sprache kein entsprechendes besitzt. Mit dem Aufbau der Wiese wächst ihre Oberfläche, weil das Thal sich erweitert. Dagegen nimmt der Aufbau in die Höhe immermehr ab, weil die bereits bedeckten Gehänge keinen Beitrag mehr geben, weil die Höhen durch den Detritus immer kleiner werden und weil die Oberfläche der Wiese immer mehr wächst. In jedem folgenden Jahr vertheilt sich eine kleinere Menge Detritus auf eine grössere Wiesenfläche. Zuletzt ragen noch die Kämme des Gebirges wenig über die Wiese hinaus und verschwinden endlich ganz.

Die Zusammensetzung des Lös ergibt sich aus folgenden Analysen:

	Oberdollendorf	Poppelsdorf	Meckenheimer Strasse
CO_2CaO	20,16	17,63	13,81
CO_2MgO	4,21	3,02	0,53
SiO_2	58,97	62,43	62,30
Al_2O_3	9,97	7,51	7,96
Fe_2O_3	4,25	5,14	7,89
CaO	0,02	0,00	0,00
MgO	0,04	0,21	0,09
KO	1,11	} 1,75	} 2,31
NaO	0,84		
Glühverlust	1,37	2,31	5,11

Zieht man die kohlensauren Erden ab, so steigt der Gehalt an Kieselerde, der Reihenfolge nach, auf 79,53; 81,04 und 77,34
und der Thonerde auf 13,45; 9,75 und 9,88,
welches Verhältniss weit entfernt ist von reinem Thon und einen Ueberschuss von Kieselerde in Gestalt von Sand anzeigt. Dies ist auch von selbst einleuchtend, dass der Sand sich immer anhäuft, während die andern Stoffe durch Tagewasser ausgezogen werden. Der Schlamm aus dem

Bodensee zeigt 30,76 % kohlensauren Kalk und 50,14 % SiO_2, und nach Abzug der Carbonate 83,36 % SiO_2. Daraus lässt sich jedoch kein Schluss ziehen, denn der Schlamm des Rheines ist auf andere Weise zusammengeführt als der Lös, und hat seinen Kalkgehalt aus Kalkgebirgen. Der Lehm, unter dem Lös liegend an dem Wege zwischen Oberdollendorf und Heisterbach enthält 78,61 % SiO_2 und 15,26 % Al_2O_3, und der bei Bonn abgesetzte Rheinschlamm enthält 66,20 % SiO_2, 12,35 % Al_2O_3, 16,56 % Fe_2O_3 und 3,14 % CaO. Es kann also auch der Rheinabsatz in diesen Gegenden nicht mit dem Lös zusammengeworfen werden. Der Lös ist eben nicht durch Schlämmen, sondern durch Absatz von Detritus in Wiesen entstanden

Dies beweisen ganz deutlich die in demselben vorkommenden Landschnecken. Alex. Braun hat diesen Gegenstand eingehend untersucht und das nöthige Material zur Feststellung einer bestimmten Ansicht zusammengebracht.

Die in dem Lös vorkommenden Schneckengehäuse sind ohne Ausnahme von Landschnecken, die zum Theil noch auf der Erde vorkommen. Die am häufigsten sich findende Succinea oblonga kommt jetzt nur äusserst selten vor. Die Vereinigung so vieler Schalen dieser Schnecke in einem gegebenen kubischen Inhalte erklärt sich nur durch die lange Dauer des Aufbaues des Löses, wo also eine grosse Anzahl dieser Gehäuse trotz ihres seltenen Vorkommens sich in dem Grunde ansammelten. Das Vorkommen der Schnecken überhaupt ist ein Beweis, dass die Lösansammlung nur durch Pflanzen vermittelt wurde, auf denen die Schnecken lebten und auf welchen sie abstarben. Die genaue Nachweisung der Schneckenarten durch Alex. Braun findet sich in Leonhard's und Bronn's Neuem Jahrbuch 1847, S. 49 und in den Verhandlungen des naturhistorischen Vereins für Rheinland-Westphalen (1852) S. 549.

Ein anderer beweisender Umstand sind die Geröllagen, die sich schichtweise im Lös vorfinden. Sie bestehen aus Quarzgeschieben und Stücken der härtesten Grauwacke, ebenfalls durch Rollen abgerundet. Diese Lagen finden sich auf bedeutenden Höhen oft mehrere Fuss dick, dann aber auch ganz dünn ausgebreitet. An einzelnen Stellen ist der ganze Lös mit kleinen Rollsteinen durchsetzt. Ein sehr merkwürdiges Vorkommen dieser Art findet sich zwischen Metternich und Güls an der Mosel, wo die Rollschichten bis auf 250 Fuss über der Mosel auftreten. Der Lös ist gegen das Moselthal mit einer senkrechten Wand abgeschnitten, und bietet auf bedeutende Höhe die schönsten Querschnitte dar. Dicht über dem Lös findet sich kein Thonschiefer mehr, dagegen zeigt in einiger Entfernung rückwärts die Höhe des Rübenacher Waldes, dass das Thonschiefergebirge weit höher angestiegen war. Die Gegenwart der Geröllschichten erklärt sich ganz einfach. Bei starken Regengüssen und Wolkenbrüchen wurden die höher hinauf liegenden Rollsteine durch die Wasser in dem engen Thale fortgerollt, bis sie auf die

flachere und breitere Wiese gelangten. Dort nahm die Geschwindigkeit des Wassers durch Ausbreitung ab, und die fortgerollten Kiesel blieben auf der Wiese liegen. Auch die Gegenwart des Grases und anderer Wiesenpflanzen musste die Bewegung des Wassers hemmen und die Gerölle wurden auf der schiefen Ebene ausgebreitet. Hier wurden sie allmälig von dem anwachsenden Boden bedeckt und in ihrer Lage festgehalten, und so finden sich diese Geröllschichten höher hinauf wiederholt. Die Grösse der Rollkiesel beweist, dass eine sehr starke Strömung statt gefunden haben müsse, und nur durch die Gegenwart der Pflanzendecke ist es erklärlich, dass der lockere Lös nicht selbst abgespült wurde, sondern sich immer von neuem erhöhte, wie die oberen Geröllschichten beweisen. Hieraus erklärt sich auch, dass der Lös nicht plastisch ist, weil er zum kleinsten Theile aus Thon, zu einem weit grösseren aus abgeriebenem Sande besteht. Die Quarze stammen von den Quarzgängen des höher gelegenen Thonschiefergebirges, und wo das jetzt fehlt, da muss es als früher vorhanden gedacht werden, weil Geröllkiesel nicht den Berg hinauf laufen. Die ganze Lagerung der Lösgehänge beweist aber, dass die ganze Thalbildung eine andere war, denn wo jetzt Lös liegt, war ursprünglich ein Thal zwischen 2 Bergabhängen, und jetzt ist der Lös oft an einer Seite ganz entblöst und an Stellen, wo er heute gar nicht entstehen könnte. Das Thonschiefergebirge hat nun, wie seine aufgerichtete Lage beweist, in jedem Falle mehrere Hebungen und Senkungen erlitten, die wir uns allerdings als sehr langsam vor sich gegangen denken. Bei einer derselben war die Thalbildung so, dass ihr die heute noch vorhandenen Lösbildungen entsprechen. Darnach fand noch einmal eine Senkung des ganzen Landes unter das Meer statt. —

Der Kalkgehalt der Löse ist sehr wechselnd und es gibt solche, die fast frei davon sind. Es ist nun auch denkbar, dass bei der ersten Bildung des Löses noch Reste von Kalkgebirgen an einzelnen Stellen vorhanden waren, welche ihren Detritus in den Löswiesen zurückliessen. Sogar ist diese Ansicht die wahrscheinlichere, weil die Ableitung des Kalkgehaltes aus Pflanzenaschen überall gleichmässigere Mischungen erzeugt haben würde oder man müsste eine nachherige Auswaschung des Kalkes annehmen. Lyell hat ebenfalls die Ansicht geäussert, dass die ganze Gegend sich noch einmal gesenkt habe und dass dabei die Thäler den Ueberschwemmungen der Flüsse ausgesetzt sich mit Flussschlamm gefüllt hätten. Der Unterschied seiner Ansicht gegen die oben ausgesprochene besteht darin, dass Lyell die Thäler leer, wir aber bereits mit Lös gefüllt unter Wasser versinken lassen. Lyell's Ansicht erklärt nicht die Gegenwart des Kalkes in solcher Menge wie er sich vorfindet, nicht die Wiederholung der Kieselgeröllager und vor allen nicht die ungeheure Menge der Schneckengehäuse. In Flussschlamm finden sich keine Schneckengehäuse, weil sie nur dort sein können, wo die Thiere gelebt haben, und wo mit ihrem Absterben sehr

langsam der Aufbau des Bodens statt fand. Dass die leichten Schneckengehäuse nicht durch Wasserfluthen weggespült werden konnten, war blos durch die Gegenwart von Pflanzen und Wurzeln möglich; dann aber fand die Lösbildung auf dem Lande und nicht unter Wasser statt. Wo der Lös jetzt liegt, ist er auch mit Pflanzendecke versehen, allein er vermehrt sich nicht mehr, weil keine Wassergerinne mehr darüber hingehen. Dass der Lös keine Schichtung zeigt, ist durch seine Entstehungsweise erklärt. Die festgehaltenen Schlammtheile des Wassers bleiben zwischen den Halmen, Blättern und Wurzeln stecken, und wenn diese zuletzt verwesen, so kann keine Schichtung vorhanden sein, weil sie vorher nicht da war. Die Spuren der Wurzeln sind noch oft im Lös erkennbar. Die Mergel-Concretionen, sogenannte Löskindchen, sind durch nachherige Wirkung kohlensaurer Flüssigkeiten entstanden. Die oft gefundenen Reste von Wirbelthieren, Mammuth, Nashorn, Ur, Pferd, Hirsch deuten wenigstens darauf hin, dass der Lös eine Landbildung ist.

Der Lehm ist geschlemmter und mit Sand vermischter Thon. Die Entstehung des Thons durch Zersetzung von Silicaten durch Kohlensäure ist eben besprochen worden. Wo er noch an seiner ersten Stelle lagert, ist er rein und plastisch. Durch Schlämmen und Absetzen wird er mehr und mehr geschichtet und unreiner. Aller Thon und Lehm ist aus Thonerdesilicaten entstanden, und dazu können eben so gut krystallinische Silicate, Trachyt, Basalt, Granit, als geschichtete, Thonschiefer, verwendet worden sein. Ueberall ist der Thon aus dem zunächst liegenden Thonerdesilicat entstanden. Wenn man bei regnerischem Wetter durch das Siebengebirge wandert, so erklärt man das ganze Land für eine Lehmlage.

Die Entstehung der Ackererde lässt sich auf diese Erscheinungen zurückführen. In reinem Thone wächst keine Pflanze. Luft und Wasser sind darin ausgeschlossen. Der mit Sand vermengte Thon ist die eigentliche Ackererde. Der Lös ist noch durchdringlich für Wurzeln. An den Abhängen sieht man Wurzeln von Hecken, Schlehdorn, Crataegus hindurchdringen. Er verdankt dies seinem bedeutenden Gehalte an Sand, welcher ihn porös macht. Reiner Sandboden wird im Ackerbau leicht, der stark thonhaltige schwer genannt, weil bei letzterem alle Zwischenräume der Quarzkörner mit Thon erfüllt sind, bei dem ersteren leer.

Bei der Lehm- und Thonbildung findet ein Schlemmen statt mit langsamen Absetzen. Das Feinste wird am weitesten geführt. Der beste und fruchtbarste Theil der Rheinthalausspülung liegt in Holland, die Rollkiesel und der grobe Sand sind näher liegen geblieben. Die fruchtbare Ebene von Kreuznach bis Bingen, welche zum grossen Theil in die erste Classe des Ackerbodens eingeschätzt ist, enthält den feinsten Detritus des an kalihaltigen Silicaten reichen Nahethals.

Unterschied der Verwitterung natürlicher und vulkanischer Gesteine. Es ist eine höchst auffallende Thatsache, dass die vulkanischen Gesteine ungeachtet einer häufig sehr basischen Zusammensetzung keine Spuren von Verwitterung zeigen. Die Schlacken der Eifel, der Auvergne liegen seit Jahrtausenden an freier Luft, in Regen und Schnee und unter Dammerde vergraben, und dennoch bemerkt man keine Zeichen von Verwitterung, keinen Thon, keinen kohlensauren Kalk. Die Bruchstücke der natürlichen Schwarzsteine zeigen in den Steinbrüchen nach wenigen Jahren eine entfärbte dünne Verwitterungsschicht rund um, dagegen die Krotzen, Rapilli und Schlacken erloschener, also sehr alter Vulkane, lassen keine Entfärbung auf der äusseren Fläche wahrnehmen. Die natürlichen Silicate, besonders Basalte, sind durch ihre grosse Verwitterbarkeit ausgezeichnet, manche aus diesem Grunde nicht einmal zum Wegbeschütten zu gebrauchen. Laspeyre*) bemerkt von den Melaphyren des Nahethals, dass die grossen Blöcke, welche beim Bau der Nahebahn in den Tunneln und Durchschnitten nur mit Mühe und grossen Kosten abgesprengt werden konnten, schon nach Verlauf von 6—8 Jahren so verwittert waren, dass ein kräftiger Hammerschlag sie zu Grus zermalmte. Alle Basalthügel sind mit prächtigem Laubholzwald bedeckt, während die Hummeriche der Eifel und Auvergne nackte und öde Höhen sind. Dieser Unterschied in der Zersetzbarkeit durch atmosphärische Einflüsse muss einen natürlichen Grund haben.

Alle unveränderte Feldspathe bestehen aus plattenförmigen Aggregaten. Durch Eindringen von Feuchtigkeit und nachherigen Frost werden sie in immer feinere Blättchen gespalten. Untersucht man den Thon, Kaolin, halbverwitterten Trachyt oder Granit unter dem Mikroscope, so bemerkt man deutlich diese kleinen Plättchen. Ist aber einmal der Feldspath geschmolzen worden, so bildet er als Bimmstein, Obsidian und Schlacke ein Glas, welches nicht die geringste Spur plattenförmiger Absonderung hat. Jedes Eindringen von Feuchtigkeit hört vollständig auf. Die Niedermendiger Noseanlava, der sogenannte Mühlstein ist mit grossen Blasen durchsetzt und dennoch widersteht er als Baustein Tausende von Jahren der Verwitterung. Der Trachyt der Wolkenburg hat aber am Cölner Dom in wenig hundert Jahren die furchtbarsten Zerstörungen erlitten, so dass die erste Reparatur des Doms in nichts anderm bestand, als in der Wiederherstellung der durch Verwitterung zerstörten Ausentheile. Alle Gläser, Hochofenschlacken widerstehen in gleicher Art, wie die vulkanischen Gesteine der Verwitterung.

Noch zerstörbarer sind die natürlichen Gesteine, wenn sie einen ausziehbaren Bestandtheil enthalten, kohlensaure Verbindungen, Magneteisen, oder wenn dieser Bestandtheil bereits ausgezogen ist, wie

*) Annalen der Chem. und Pharm. 134,357.

im Trachyt. Das Wasser dringt nun tief ein, und veranlasst durch Frieren noch grössere Zerstörungen.

Obgleich nun alle geschmolzenen Silicate viel leichter von Salzsäure aufgeschlossen werden als die natürlichen, so werden sie gerade durch die mechanische Gewalt des Wassers am wenigsten angegriffen, weil dies nicht eindringen kann.

Wegen des Verlustes der Plattenform kann eine Lava niemals in Thon oder Kaolin übergehen. Die Bimmsteine des Laacher Gebietes, mit 50 bis 58 % Kieselerde, sind ganz unveränderlich in der Erde trotz ihrer Porösität, Weichheit und Zerreiblichkeit. In diesem Mangel an der Plattenform liegt ein wesentlicher Unterschied der vulkanischen Produkte. Es reicht deshalb auch häufig hin, ein zerreibliches Gestein unter dem Mikroscope zu beobachten, um zu erkennen, ob es noch natürlich oder feurig verändert ist. So gab sich der Domit ohne Weiteres als ein blos verwitterter natürlicher Granit zu erkennen und fernere Untersuchungen bestätigten dies. Die trachytische Lava von Ischia ist nicht ganz geschmolzen gewesen, sondern nur die Grundmasse, während die eingeschlossenen Sanidine noch unverletzt sind, und ihre lamellere Structur besitzen. Aus diesem Grunde sind sie noch verwitterbar, und bedingen die grosse Ueppigkeit des Pflanzenwuchses auf dieser Insel, wo strauchartige Pflanzen eine baumartige Form annehmen, so dass der Botaniker Mühe hat, dieselben als eine bekannte Species wieder zu erkennen.

Es mag auch hier die Bemerkung stehen, dass der Mangel an Erfolg, den die ersten Liebig'schen Dünger in England hatten, in einem ähnlichen Verhältniss seinen Grund fand. Das mit kohlensaurem Kalk zusammengeschmolzene kohlensaure Kali bildete ein vollständiges Glas, was wegen dieser Form im Boden schwer aufgeschlossen werden konnte. Auf diese Thatsachen gestützt, habe ich den Satz ausgesprochen, dass kein geschmolzenes Silicat durch Verwitterung jemals einen Thon oder Kaolin geben könne, und umgekehrt, dass jede Thonbildung ein Zeichen eines vom Feuer nicht berührten Gesteines ist.

Das specifische Gewicht in der Geologie.

Die neuere Geologie ist ganz unerwartet durch das eigenthümliche Verhalten der Kieselsäure zur Wärme dazu gekommen, einen sehr ausgedehnten Gebrauch vom specifischen Gewichte zu machen. Es handelt sich hier nicht um die Methoden zur Bestimmung des specifischen Ge-

wichtes, welche als bekannt vorausgesetzt werden, sondern nur um die Bedeutung und den Werth der gewonnenen Zahlen.

Von allen festen Zahlen in den exacten Naturwissenschaften sind gerade die scheinbar so sicheren des specifischen Gewichtes die am wenigsten zuverlässigen. Es gibt keinen einzigen Körper, selbst die auf künstlichem Wege möglichst rein dargestellten, welche nicht verschiedenen Beobachtern, ja demselben Beobachter, abweichende Zahlen gegeben haben. Dies kann theils in der Methode, theils in der Natur der Sache, meistens aber in beiden zugleich beruhen. Selbst die Menge des zur Bestimmung des spec. Gewichtes verwendeten Körpers übt einen wesentlichen Einfluss aus.

Jeder Körper verdrängt im Wasser ein ihm gleiches Volum Wasser und verliert an Gewicht den Betrag des verdrängten Wassers. Es sei P (pondus) das absolute und S sein specifisches Gewicht, so verliert er in Wasser eingetaucht $\frac{P}{S}$. Durch den Versuch in der Dichtigkeitsflasche findet man unmittelbar das Gewicht des Körpers weniger dem Gewicht eines gleichen Volums Wasser. Es heisse diese direct auf der Wage gefundene Zahl q, so haben wir zuerst

$$P = q + \frac{P}{S}$$

woraus

$$P = \frac{Sq}{S-1} \qquad \text{(I.)}$$

und umgekehrt

$$S = \frac{P}{P-q} \qquad \text{(II.)}$$

Die Formel I. dient dazu, aus der Wägung im Wasser das absolute Gewicht, die Formel II. das specifische Gewicht zu finden, wo, wie bekannt, das Gewicht eines gleichen Volums Wasser, P—q, in das absolute Gewicht dividirt wird.

Um die Abhängigkeit beider Grössen von einander zu finden, differenzirt man die beiden Gleichungen, jede nach der zweiten Variabeln. Man erhält alsdann

$$\frac{\partial P}{\partial S} = \frac{-q}{(S-1)^2} \qquad \text{(III.)}$$

und

$$\frac{\partial S}{\partial P} = \frac{-q}{(P-q)^2} \qquad \text{(IV.)}$$

Die negativen Zeichen beider Differentialquotienten weisen darauf hin, was freilich auch aus den Gleichungen I. und II. erkannt werden kann, dass P abnimmt, wenn S zunimmt und umgekehrt.

Die Gleichung I. hat den Zweck, das absolute Gewicht eines pulverigen Körpers aus seinem specifischen Gewicht und dem Gewichsverluste im Wasser zu finden. Dieser Fall kann hier nicht vorkommen. Die Ableitung III. zeigt, dass dies sehr ungünstig bei specifisch schweren Körpern geschehen könne.

Bei IV. haben wir im Nenner die Grösse $(P-q)^2$. Der Nenner

übt auf den Werth eines Bruches eine um so grössere Wirkung aus, je kleiner er ist, d. h. je öfter er im Zähler enthalten ist. P—q ist aber das Gewicht des verdrängten Wassers. Je grösser q wird, desto kleiner wird der Werth P—q; q ist aber gross bei hohem specifischen Gewichte und es folgt daraus, dass es bei demselben einen wichtigen Einfluss auf das Resultat hat, der, wie IV. zeigt, durch die Quadrirung noch erhöht wird. Man ersieht also: dass man das spec. Gewicht S bei specifisch schweren Körpern nicht günstig bestimmen könne.

Dieser Fall kommt in der Geologie selten vor, da die spec. Gewichte der meisten Felsarten nicht über 3 gehen. Dagegen tritt leicht ein anderer ein, dass man zu kleine absolute Mengen in Arbeit genommen hat und dass dabei ein Fehler in der Bestimmung des absoluten Gewichtes statt gefunden. Gesetzt, man habe einen Körper von dem spec. Gewichte 10 und auch 10 Gramme davon in Händen, so ist sein spec. Gew. nach II. $= \frac{10}{10-9} = 10$. Angenommen, man habe ein Milligramm zuviel oder falsch ausgewogen, so wird das spec. Gewicht

$$\frac{10,001}{10,001-9} = 9,991.$$

Hätte man aber nur 0,1 Grm. Substanz zur Bestimmung genommen, und dabei ebenfalls um 1 Milligramm zu hoch ausgewogen, so wäre das specifische Gewicht $\frac{0,101}{0,101-0,09} = 9,18$.

Für denselben Fehler von 1 Milligramm hat man also bei 10 Grm. Substanz einen Fehler von 0,009, bei 0,1 Grm. Substanz aber von 0,820 gemacht. Es geht also daraus nothwendig die Bedingung hervor, für alle Bestimmungen von spec. Gewicht möglichst absolut grosse Mengen in Arbeit zu nehmen.

Dieser Bedingung ist sehr häufig nicht genügt, und es laufen die verschiedensten Zahlen in den Annalen der Wissenschaft mit scheinbar gleicher Berechtigung, wesentlich aber ungleicher Begründung umher. Besonders übt der pulverige Zustand eines Körpers einen Einfluss auf das specifische Gewicht, gewöhnlich einen erhöhenden aus zwei Gründen; 1) weil durch das Pulvern leere Hohlräume geöffnet werden, 2) weil die Materie an sich durch Attraction einen verdichtenden Einfluss auf das Wasser ausübt. Der erste Fall kommt natürlich bei allen porösen, blasigen, faserigen Gefügen vor und fordert jedesmal eine Pulverung; der zweite Fall wird bei specifisch schweren Körpern, Gold und Platina, in hohem Grade, bei leichteren in minderem Grade wahrgenommen.

Gustav Rose*) fand das spec. Gewicht des unter verschiedenen

---

*) Pogg. 73,5.

Flussmitteln, Borax, Kochsalz, Salpeter, kohlens. Natron, geschmolzenen Goldes 19,33 bis 19,34; dagegen des mit Eisenvitriol gefällten 19,55 bis 19,61 und bei sehr feinem Niederschlage sogar 20,2599 bis 20,6882; in gleicher Art fand er das spec. Gewicht des mit Zucker und kohlensaurem Natron gefällten Platinmohrs bei 14° R. zu der ungeheuren Höhe von 26,1418*), wobei er jedoch bemerkt, dass er nur mit kleinen Mengen gearbeitet habe. Ganzer und gepulverter Schwerspath zeigten ziemlich dasselbe spec. Gew. 4,47 bis 4,48, dagegen gefällter 4,53.

Man ersieht also, dass die Zahlen des spec. Gewichtes im Ganzen wenig scharf sind, und zwar 1) aus Gründen, die in der Methode liegen, wie zu kleine absolute Gewichte, oder 2) aus Gründen, die in der Natur der Sache liegen, wie Porosität des Stoffes, Anziehung des Wassers und Verdichtung desselben an die Materie selbst. Das verdichtete Wasser haftet an dem Stoffe, bewegt sich mit ihm, vermindert seinen Gewichtsverlust im Wasser, und vermehrt dadurch sein scheinbares specifisches Gewicht. Offenbar ist diese Erscheinung ein Analogon der Verdichtung der Gase auf porösen Körpern; die unter Umständen in chemische Affinität übergeht (Platinschwamm).

Nach einer von mir unternommenen Untersuchung dieses Gegenstandes**) ist die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Bestimmung des spec. Gewichtes um so grösser, je mehr sich dasselbe dem spec. Gewicht des Wassers oder 1 nähert. Dieser Fall ist für die Geologie günstig, da wir es meistens mit spec. Gewichten zu thun haben, die zwischen 2,5 und 3 liegen.

Was die Methode der Ausführung betrifft, so ist die Anwendung der Pyknometerflasche die bequemste. Man wende den Körper, wenn er nicht geschont werden muss, in Gestalt eines gröblichen Pulvers an, welches durch ein Sieb gewonnen wurde und von dem man durch ein feineres Sieb den Staub entfernt hat. Da durch den Glasstopfen immer einige Tropfen Wasser aus dem Glase verdrängt werden müssen, um es luftfrei zu schliessen, so ist es gut, wenn kein schwimmender Staub darin ist. Luftblasen kann man in der halbgefüllten Flasche durch Schütteln aus dem Pulver entfernen, sonst auch durch einige Kolbenzüge der Luftpumpe, wobei man die Pyknometerflasche direct durch einen Kork mit dem Stiefel in Verbindung setzt.

Die Methode des Grafen Schafgotsch durch Bestimmung des spec. Gewichtes einer Flüssigkeit (von salpetersaurem Quecksilberoxyd), worin der Körper eben schwimmt ohne zu steigen und zu sinken, ist viel umständlicher. Dagegen ist die Methode von Heinrich Rose, den pulverförmigen Körper in einem Röhrchen von Glas oder Platin aufzu-

*) Pogg. 73, 14.
**) Ebendas. 112,426.

nehmen und auf der hydrostatischen Waage auszuwägen, sehr bequem und sicher und gestattet am leichtesten, das absolute Gewicht nach der hydrostatischen Wägung zu bestimmen.

Ueber die Veränderung gewisser Mineralien durch Wärme.

Eine gewisse Reihe von Mineralien besitzt die Eigenschaft, bei einer Erwärmung bis zu einer dunklen Rothglühhitze plötzlich eine Lichterscheinung, ähnlich einer Verglimmung, zu zeigen. Darnach zeigt sich das Mineral wesentlich verändert; meistens ist sein specifisches Gewicht vermehrt, dagegen seine specifische Wärme vermindert; immer aber hat es eine grössere Cohäsion angenommen und die Auflöslichkeit in Säuren, die es früher besass, verloren. Ein einmal verglommenes Mineral zeigt diese Erscheinung zum zweiten Mal niemals wieder, sondern wird dann nur durch erhöhte Wärme glühend, wie jeder andere Körper, und gewinnt seine chemische Eigenschaft der Löslichkeit auch niemals in niedern Temperaturen und der Ruhe wieder.

Von allen Mineralien zeigt dieses freiwillige Erglühen am stärksten der Gadolinit, ein Silicat von Ceroxydul, Yttererde, Glycinerde, Lanthanoxyd, Eisenoxydul in wandelbaren Verhältnissen, so dass nicht nur der relative Gehalt an Basen, sondern selbst der Kieselerde zu den Basen schwankend ist. Es kommen Halb- und Drittelsilicate darunter vor.

Der Gadolinit kömmt fast immer im Granit eingewachsen (Naumann, El. d. Min. 1855, S. 341) vor, so in der Gegend von Fahlun bei Broddbo, Finbo, Ytterby, bei Hitteroe in Norwegen, und nach Gustav Rose im Ural'schen Granit.

Bei der Verglimmung findet eine freiwillige Entwicklung von Wärme im Mineral statt. Um dies zu ermitteln, brachte Heinrich Rose*) ganze Stücke von Gadolinit in eine an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre von schwerschmelzbarem Glase und geringem Durchmesser, verband das andere ausgezogene Ende mit einer als Entwicklungsröhre gebogenen Thermometerröhre in Verbindung, und erhitzte die Glasröhre durch Kohlenfeuer zum gleichförmigen Glühen, wodurch die durch Erhitzung ausgedehnte Luft in regelmässigen Blasen unter Wasser austrat. Sowie sich aber bei einigen Stücken des Minerals die Lichterscheinung zeigte, wurde plötzlich die Luftentwicklung bedeutend, stärker, und

*) Pogg. Annalen 59,480.

dann nach Beendigung der Lichtentwicklung wieder so gleichmässig wie zuvor. Die Lichtentwicklung schreitet durch Contact vorwärts, indem die erhitzte Stelle von selbst die Veranlassung ist, in dem nächstliegenden Theilchen des Minerals die nämliche Veränderung der Molecüle hervorzubringen. Es geht aus diesem Versuche unzweifelhaft hervor, dass wirklich eine innere Entwicklung von Wärme gleichzeitig mit dem Eintritte der neuen Eigenschaften stattfindet. Scheerer hatte gefunden, dass der Gadolinit von Hitteroe sein specifisches Gewicht von 4,35 auf 4,63, also um 0,28 erhöht hatte. Rose hatte bei 30 Versuchen das spec. Gew. des ungeglühten Gadolinits zwischen 4,097 und 4,226, und das des geglühten zwischen 4,287 und 4,456 gefunden. Der Glühverlust betrug zwischen 0,38 bis 0,43 $\frac{0}{0}$. Nach der Lichterscheinung hat der Gadolinit ein ganz anderes Ansehen. Die schwarze Farbe hat sich in eine lichtgrüne verwandelt. Das Mineral schwillt dabei nicht bedeutend an, aber die Stücke bekommen hier und da Sprünge. Die specifische Wärme, durch Mischungsversuche mit Wasser ermittelt, betrug im Mittel von 12 Versuchen vor dem Verglimmen 0,138, und nach demselben 0,128. Die Temperatur, bei welcher die Lichterscheinung des Gadolinits erfolgt, liegt zwischen dem Schmelzpunkt des Zinks und Silbers.

Eine ähnliche Erscheinung findet bei dem Erhitzen des Samarskits statt. Dieses Mineral kommt im Granit des Ilmengebirges in Sibirien vor und wurde zuerst von Gust. Rose*) als Uranotantal beschrieben. Hermann**) fand Yttererde darin und nannte es Yttroilmenit. Heinrich Rose liess es in seinem Laboratorium genau analysiren, und stellte fest, dass es keine Tantalsäure, sondern Niobsäure enthalte. Er nannte es zu Ehren des Hrn. v. Samarski, welcher reichliches Material davon mitgetheilt hatte, Samarskit. Dieses Mineral zeigt beim Glühen eine schwächere Lichterscheinung als der Gadolinit; bei manchen Stücken ist dieselbe oft nicht wahrzunehmen, und es entsteht hierbei auch nicht ein höheres, sondern im Gegentheil ein geringeres specifisches Gewicht; auch erleidet das Mineral keine Veränderung im äussern Ansehen. Das spec. Gew. des ungeglühten Samarskits***) betrug 5,746, 5,739 und 5,715, und bei letzterem nach dem Verglimmen 5,3735. Eine andere Probe hatte vorher 5,703 und nachher 5,454. Einzelne Proben, welche mehrmal mit warmem aber nicht kochendem Wasser behandelt waren, zeigten nachher keine Lichterscheinung mehr beim Erhitzen, und obgleich das spec. Gew. durch diese Waschungen sich nicht wesentlich geändert hatte, war doch die Fähigkeit des Verglimmens verschwunden. Ein Gewichtverlust durch Glühen, jedoch ein sehr unbedeutender, wurde beobachtet, dagegen eine sehr heftige Decrepitation, welche wohl auf eingeschlossene

---

*) Pogg. Ann. 48,555.

**) Journ. f. prakt. Chem. 38,119.

***) Pogg. Ann. 103,321.

flüchtige Stoffe (Wasser?) schliessen liesse, die auch den Gewichtsverlust bedingten. Die Abnahme der specifischen Wärme durch das Glühen war im Mittel von 9 Versuchen vor und 13 Versuchen nach dem Glühen von 0,10066 auf 0,096, also so gering, dass die Thatsache nicht einmal feststeht, da einzelne Versuche sogar eine grössere spec. Wärme nach als vor dem Glühen ergaben, und nur aus den Mitteln der Resultate sich die Thatsache herausstellte. Die Lichterscheinung lässt sich also hier nicht aus dem gestiegenen spec. Gew. oder einer Abnahme der spec. Wärme erklären, sondern lediglich aus der Zunahme der chemischen Indifferenz, indem das geglühte Mineral durch Säuren nicht mehr angegriffen wird.

Der Tschewkinit*), eine Verbindung von Kieselsäure, Titansäure mit Ceroxydul, Lanthanoxyd, Didymoxyd und Eisenoxydul, löst sich gepulvert in erhitzter Salzsäure, mit Hinterlassung von Kieselsäure zu einer gelblich braunen Flüssigkeit, die nach einiger Zeit gelatinirt. Das spec. Gew. beträgt nach G. Rose 4,508 bis 4,549. Er zeigt beim Glühen eine so starke Feuererscheinung als der Gadolinit, ohne bemerkbaren Gewichtsverlust (0,08 $\frac{0}{0}$); dabei bläht er sich ausserordentlich auf. Das spec. Gew. ist nach dem Glühen 4,615, also höher als im ungeglühten Zustande, wie beim Gadolinit. Im heftigsten Feuer geschmolzen zeigt er ein noch höheres spec. Gew. = 4,917.

Der Allanit von Snarum und der Cerin von Riddarhyttan zeigen nach dem Glühen nur unbedeutende Veränderungen des spec. Gewichtes und kein Erglühen, dagegen Unangreifbarkeit durch Säuren. Von dem Orthit und Allanit sagt Scheerer**): „nach dem Eintreten der Feuererscheinung sind beide unlöslich in Säuren, und das Vermögen eines Minerals, von Säuren aufgelöst zu werden, hängt nicht blos von der Beschaffenheit seiner Bestandtheile, sondern auch von der engeren oder weiteren Gruppirung der Atome ab.“

Der Polykras, ein aus Titansäure, Tantalsäure, Zirkonerde, Yttererde, Uranoxyd, Ceroxyd, Eisenoxyd bestehendes Mineral, vom spec. Gew. 5,105, zeigt sich nach Scheerer (Pogg. 62,432) deutlich pyrognomisch. Eine Veränderung des spec. Gewichtes hat nicht stattgefunden, und das Mineral wird vor und nach dem Verglimmen durch concentrirte Schwefelsäure zersetzt. Im Malakon, isomer mit Zirkon, fand Scheerer 3,03 $\frac{0}{0}$ Wasser. Spec. Gewicht vor dem Glühen 3,903, nachher 4,22. Der geringe Wassergehalt lässt sich chemisch nicht unterbringen, ist wahrscheinlich nur in Poren eingeschlossen und beweist, wie das Verglimmen, die Bildung auf nassem Wege. Die Ansicht Scheerer's, dass die Zirkonerde im Zirkon schon im verglommenen Zustande vorhanden sei, ist nicht belegt und unwahrscheinlich.

Es liessen sich unstreitig noch eine grössere Anzahl von ähnlichen

*) Pogg. Ann. 48,551; 62,591.
**) Pogg. Ann. 51,495.

Fällen auffinden, die aber nichts mehr beweisen würden, als was schon aus den beschriebenen hervorgeht, nämlich, dass alle Mineralien, welche durch Erhitzen ein einmaliges Verglimmen und nachherige Unlöslichkeit in Säuren zeigen, niemals bis zu diesem Punkte erhitzt gewesen sind, weil sie in dem Zustande, worin sie gefunden werden, noch diese Eigenschaften besitzen. Nun sind aber diese Mineralien immer in krystallinischen Gesteinen, ohne alle Ausnahme in Granit eingeschlossen, also früherer oder gleichzeitiger Entstehung, und die nachherige Bildung des Granits hat ihre ursprüngliche Eigenschaften, die man jungfräuliche nennen könnte, weil sie nach dem Verlieren nicht mehr wieder erlangt werden können, nicht weggenommen. Es folgt daraus für den Granit, welcher diese Mineralien umgibt, dass er nicht auf schmelzflüssigem Wege gebildet sein könne. Wären sie später in Gängen entstanden, und statt eingeschlossen aufsitzend, so würden sie nicht zu diesem Schlusse berechtigen. In Bezug auf die Zeolithe ist ein ganz ähnlicher Schluss angenommen worden. Wenn der Natrolith vor dem Glühen durch Säuren leicht mit Gallertbildung aufgeschlossen wird, nach dem Glühen aber nicht mehr, so schliesst man daraus, dass der Natrolith noch nicht geglüht war.

Eine grosse Anzahl künstlich dargestellter Stoffe, wie Chromoxydhydrat, Eisenoxydhydrat, zeigen ein Verglimmen und nachher Unlöslichkeit in Säuren. Bei diesen kennt man immer die Entstehung auf nassem Wege, und ein Zweifel kann nicht stattfinden. Sie unterstützen nur durch Analogie die aus der Natur entnommenen Beispiele, auch ist kein Fall bekannt, wo die durch Verglimmen erhärteten und unlöslich gewordenen Stoffe durch den Lauf der Zeit oder die Wirkung von Wasser wieder in den ersten Zustand zurückgegangen wären.

Eine Veränderung mancher Mineralien, die zur Granatfamilie gehören, im entgegengesetzten Sinne, dass sie nämlich durch Glühen oder Schmelzen gerade auflöslich in Säuren werden, berechtigt zu demselben Schlusse.

Warum werden die Zeolithe durch Glühen in Säuren unaufschliessbar?

Die chemische Angreifbarkeit eines Silicats durch Säuren hängt einerseits von der Menge der Kieselerde, andererseits von der Art der Verdichtung der Kieselerde ab. Ist ein Silicat durch Schmelzen entstanden, wie Glas, Hochofenschlacke, Laven, so entscheidet allein die Menge der Kieselerde, weil dann die Kieselerde immer im lockeren Zu-

stande (spec. Gew. 2,2) vorhanden ist. Im Glase sind nur starke (RO) Basen enthalten und ein Gehalt von Thonerde und Eisenoxyd ist zufällig und gering. Die Widerstandsfähigkeit gegen Säuren wird dann allein durch die Menge der Kieselsäure bedingt.

Schwerschmelzbares böhmisches Glas ist Quadrisilicat, anderes weisses und Scheibenglas ist Trisilicat, mit einem Gehalt von 68 bis 76 % Kieselerde. Feldspath enthält 65 bis 66 %. Hochofenschlacken müssen leicht schmelzbar sein und es kommt auf ihren chemischen Widerstand nicht an. Die meisten von Rammelsberg*) untersuchten sind $\frac{3}{4}$ Silicate mit 38 bis 43 % SiO_2. Selten steigt der Gehalt auf 50 %. Alle $\frac{3}{4}$ Silicate, welche geschmolzen waren, zersetzen sich sehr leicht durch Säuren unter Gallertbildung. Der feine Schlackenstaub, der sich aus der Gichtflamme der Hochöfen in den Trockenkammern absetzt, gesteht mit Salzsäure augenblicklich zu einer festen Gallerte. Der beliebte Vergleich der Hochofenschlacken mit Basalt und Hornblendegesteinen ist in wenigen Fällen zutreffend, da diese meistens reicher an Kieselerde sind.

In den Zeolithen spielt das Wasser die Rolle einer Basis, und in diesem Sinne ist das Gestein sehr basisch und durch Säuren aufschliessbar. Vertreibt man das Wasser durch Glühen, so bleibt die Kieselsäure mit der kleineren Menge der feuerbeständigen Basen zurück und bildet weit saurere Silicate. Nach ziemlich übereinstimmenden Erfahrungen werden die Monosilicate (RO, SiO_2) sehr schwierig durch Säuren aufgeschlossen, die basischeren leicht unter Ausscheidung von gallertartiger, schleimiger oder sandiger Kieselerde, die saueren sehr unvollständig oder gar nicht. Berechnen wir die Kieselungsstufe bei den verschiedenen Zeolithen vor und nach der Glühung, so springt die Ursache des grösseren Widerstandes nachher in die Augen.

Namen und Formel	Vor dem Glühen Silicat	Nach dem Glühen Silicat
Natrolith		
NaO, Al_2O_3, $3SiO_2$, 2HO	$\frac{3}{4}$ oder 0,750	$\frac{3}{2}$ oder 1,500
Lomonit		
CaO, Al_2O_3, $4SiO_2$, 4HO	$\frac{2}{3}$ = 0,666	$\frac{2}{1}$ = 2,000
Analcim		
NaO, Al_2O_3, $4SiO_2$, 2HO	$\frac{1}{1}$ = 1,000	$\frac{2}{1}$ = 2,000
Heulandit		
3CaO, $4Al_2O_3$, $21SiO_2$, 20HO	$\frac{7}{9}$ = 0,777	$\frac{3}{1}$ = 3,000
Stilbit		
CaO, Al_2O_3, $6SiO_2$, 6HO	$\frac{3}{4}$ = 0,750	$\frac{3}{1}$ = 3,000

*) Pogg. 74,101.

Namen und Formel	Vor dem Glühen Silicat	Nach dem Glühen Silicat
Ledererit		
$NaO, 2CaO, 3Al_2O_3, 12SiO_2 + 6HO$	$\frac{1}{1}$ = 1,000	$\frac{2}{1}$ = 2,000
Kaliharmotom		
$KO, 2CaO, 4Al_2O_3, 15SiO_2, 18HO$	$\frac{3}{5}$ = 0,600	$\frac{15}{7}$ = 2,143
Chabasit		
$(KO, NaO, CaO) Al_2O_3, 4SiO_2, 6HO$	$\frac{1}{2}$ = 0,500	$\frac{2}{1}$ = 2,000
Epistilbit		
$CaO, Al_2O_3, 6SiO_2, 5HO$	$\frac{6}{7}$ = 0,857	$\frac{2}{1}$ = 2,000
Prehnit		
$2CaO, Al_2O_3, 3SiO_2, HO$	$\frac{3}{4}$ = 0,750	$\frac{1}{1}$ = 1,000
Mesolith		
$NaO, 2CaO, 3 Al_2O_3, 9SiO_2, 8HO$	$\frac{9}{14}$ = 0,643	$\frac{3}{2}$ = 1,500
Mesol		
$2(NaO, CaO) 2Al_2O_3, 5SiO_2, 5HO$	$\frac{5}{9}$ = 0,555	$\frac{5}{4}$ = 1,250
Skolezit		
$CaO, Al_2O_3, 3SiO_2, 3HO$	$\frac{3}{5}$ = 0,600	$\frac{3}{2}$ = 1,500
Esmarkit		
$2MgO, 2Al_2O_3, 5SiO_2, 2HO$	$\frac{5}{6}$ = 0,833	$\frac{5}{4}$ = 1,250
Gehlenit		
$24CaO, 3MgO, Fe_2O_3, 8Al_2O_3, 18SiO_2$	$\frac{2}{3}$ = 0,666	$\frac{2}{3}$ = 0,666
Anorthit		
$CaO, Al_2O_3, 2SiO_2$	$\frac{1}{1}$ = 1,000	$\frac{1}{1}$ = 1,000

Ein Blick auf diese Tafel zeigt, dass die Kieselungen der zweiten Colonne immer grösser sind als in der ersten, mit Ausnahme der zwei wasserleeren Gehlenit und Anorthit, welche aber auch durch Glühen nicht weniger löslich werden, als sie vorher waren. Der Prehnit, der vorher $\frac{3}{4}$ und nachher $\frac{1}{1}$ Silicat ist, wird durch Glühen noch etwas leichter aufschliessbar, aus dem später beim Granate ermittelten Grunde.

Da das Wasser in chemischer Verbindung vorhanden ist, so müssen nach dem Entweichen desselben noch die andern Stoffe in chemischer Verbindung bleiben. Heulandit und Stilbit haben nach dem Glühen die Zusammensetzung des Feldspathes mit Kalk statt Kali, und müssen entsprechend widerständig sein.

Dass die Zeolithe, welche durch Glühen unlöslich werden, noch nicht geglüht sind, also auf nassem Wege entstanden, bedarf keiner Nachweisung.

Man kann die Erscheinung allgemein in folgender Form ausdrücken: Unlöslich in Säuren werden durch Glühen alle wasserhaltige Zeolithe, welche nach dem Verlust des Wassers höher als Monosilicate stehen.

Warum werden die Mineralien der Granatfamilie durch Glühen und Schmelzen in Säuren aufschliessbar?

Die hierhin gehörenden Mineralien sind der Granat, Idokras, Epidot, Axinit, der Turmalin, und noch viele Mineralien in geringerem Grade. Granat und Idokras sind $\frac{3}{4}$ Silicate, Epidot ist $\frac{4}{5}$ Silicat; diese sind also sehr basisch und haben die Kieselung der Hochofenschlacken, müssten also darnach leicht durch Säuren aufschliessbar sein. Dagegen sind diese Mineralien ungemein hart und fast ganz unangreifbar durch Säuren. Nach heftigem Glühen oder nach Schmelzen im Platintiegel geben sie eine ziemlich weiche, poröse Masse, welche sich durch Säuren leicht unter Gallertbildung aufschliesst.

Idokras und Granat sind nach der allgemeinen Formel 3(CaO, MgO, MnO, FeO), $1(Si_2O_3)$, $1(Fe_2O_3$, $Al_2O_3)$, $3SiO_2$ zusammengesetzt, und demnach $\frac{3}{4}$ Silicate. Der Idokras ist aber so hart, dass er Feldspath ritzt und der Granat sogar Bergkrystall. Diese Härte lässt sich nicht durch die Menge der Kieselerde erklären, welche nur 40 $\frac{0}{0}$ beträgt, während sie im Feldspath 65 bis 66 $\frac{0}{0}$ beträgt. Der Grund der Härte muss also in einer besonderen Dichtigkeit liegen. Das spec. Gewicht des Granates beträgt 3,63, und das des Idokrases 3,37 bis 3,45, während Feldspath nur 2,559 bis 2,6 zeigt. Nach einer Untersuchung von Magnus*) zeigt der Idokras nach dem Schmelzen ein spec. Gew. von 2,965, und bei Wiederholung desselben Versuches und nach dem Pulvern 2,944, so dass das Factum feststeht. Er schmolz noch einen andern Krystall von sibirischem Idokras von 15½ Grm. Gewicht, und fand bei diesem wie bei dem ersten, dass keine Spur von blättriger Textur mehr vorhanden war, dass dagegen die Härte durch Schmelzen bei beiden geringer geworden war (l. c. S. 479). Das specifische Gewicht war demnach von 3,45 auf 2,965 zurückgegangen, hatte also um 0,485 abgenommen.

Der Granat, welcher mit dem Idokras isomer ist, hat ein höheres specifisches Gewicht von 3,63. Dieses geht durch Schmelzen bis auf 2,95 zurück; er hat also eine Einbusse von 0,680 erlitten. Es ist einleuchtend, dass die grössere Dichtigkeit des Granats gegen die des Idokrases mit seiner grösseren Härte zusammenhängt, und dass also derselbe Körper, in Qualität und Quantität der Bestandtheile, ungleiche Dichtheit haben könne. Man kann dies mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die ungleichen Zustände der Kieselerde zurückführen. Wir wissen,

*) Pogg. 20,477.

dass die krystallisirte Kieselerde durch Schmelzen aus 2,65 in 2,2 übergeht, also eine Einbusse an spec. Gew. von 0,43 erleidet, die jener des Idokrases sehr nahe gleich ist. Im Granat muss aber die Kieselerde noch dichter sein als im Bergkrystall, weil er durch Schmelzen eine grössere Einbusse an spec. Gew. erleidet, und weil er ursprünglich härter ist, als Bergkrystall. Das kann seinen übrigen Bestandtheilen nicht zugeschrieben werden, denn Feldspath, Augit, Hornblende bestehen aus denselben Stoffen bei viel geringerer Härte. Nach dem Schmelzen sind die Massen von Idokras und Granat so vollkommen gleich an Farbe, Härte, spec. Gewicht und Zersetzbarkeit, dass man sie gar nicht mehr unterscheiden kann.

Es ist nun einleuchtend, dass im Granat und Idokras die chemische Indifferenz mit der Cohäsion und Dichtheit zusammenhängt, und dass, wenn beide durch Schmelzen, wie bei der Kieselerde, gebrochen sind, nur mehr die Menge der Kieselerde die Basen gegen Angriff schützen kann; da aber diese Menge nur bis zu $\frac{3}{4}$ Silicat geht, so muss der geschmolzene Granat sich wie eine Hochofenschlacke von gleicher Zusammensetzung zu Säuren verhalten, was er in der That auch thut. Die Ausscheidung der Kieselerde in Gallertform hängt von der grossen Menge der Basen ab. Nach Varrentrapp*) gesteht der geschmolzene und gepulverte Idokras mit Salzsäure sehr schnell zu einer festen Gallerte.

Die geschmolzene Kieselerde löst sich leicht in Alkali und Flusssäure; der geschmolzene Granat löst sich aber in Alkali nicht, weil Silicate sich überhaupt schwerer darin lösen als reine Kieselsäure, dagegen wird der geschmolzene Granat und Idokras leichter von Flusssäure aufgelöst als der natürliche, der davon kaum angegriffen wird. In ganz gleicher Weise fand Rammelsberg**) dass Turmalin, von ungefähr 40 $\frac{0}{0}$ SiO_2, der im geschlämmten Zustande von Flusssäure wenig angegriffen wurde, nach dem Glühen davon gelöst wird. „Wenn man das Mineral, sagt derselbe, einer starken Glühhitze im Ofen bei Koaksfeuer ausgesetzt hat, wobei die Entwicklung der Fluorverbindungen erfolgt, und der Turmalin zu einer Art Bimsstein schmilzt, oder wie die eisenfreien rothen Abänderungen porcellanartig wird, so lässt sich das feine Pulver durch Flusssäure leicht zersetzen.“ Hier ist also auch dasselbe Verhältniss eingetreten: die dichte Kieselerde im Turmalin ist in die lockere, amorphe, in Flusssäure lösliche Form übergegangen. Man kann demnach fast mit Bestimmtheit die Mineralien bezeichnen, welche durch Glühen in die leichter lösliche Form übergehen werden: es sind diejenigen, welche ohne Wasser in ihrer Zusammensetzung noch unter Monosilicat stehen, und eine grössere Härte besitzen, als ihrem Gehalte an Kieselerde entspricht, oder: welche bei basischer Zusammen-

*) Pogg. 45,35.
**) Pogg. 80,458.

setzung durch Glühen und Schmelzen eine ansehnliche Einbusse am spec. Gew. erleiden.

So ist z. B. Epidot $\frac{4}{3}$ Silicat mit 39,9 $\frac{0}{0}$ SiO_2. Seine Härte ist 6 bis 7, während die des Feldspathes nur 6 ist; er ist also härter als Feldspath bei einem weit kleineren Kieselgehalte. Sein spec. Gewicht ist 3,403 vor dem Glühen und 3,271 nach dem Glühen*), sein Gewichtsverlust also 0,132. Daraus folgt, dass der Epidot sich vor dem Glühen nicht von Säuren auflösen lässt, weil er härter ist als Feldspath, und nach dem Glühen wohl, weil er an spec. Gewicht verliert und nur $\frac{4}{3}$ Silicat ist.

Der Mejonit ist ebenfalls $\frac{4}{3}$ Silicat, hat aber nur das spec. Gew. 2,734. Da er weicher ist als Kalkepidot (Zoisit), so wird er schon, ohne geglüht zu sein, durch Säuren zersetzt. Der Mejonit verhält sich demnach zum Zoisit von gleicher Mischung, wie der Idokras zum Granat: er enthält die Kieselerde in geringerer Verdichtung.

Nach einer andern Analyse durch Prof. vom Rath**) war das Sauerstoffverhältniss der Bestandtheile

für	SiO_2	Al_2O_3	RO	
	22,11	14,56	6,9,	und nach obiger Regel
(S. 149) reducirt	11,05	4,85	6,9,	

und darnach wäre die Kieselung $\frac{11,05}{11,75}$ d. h. Monosilicat.

Die Kieselerde schied sich in diesem Falle nicht als Gallerte, sondern als Pulver ab.

Skapolith besitzt Härte wenig unter Feldspath,
spec. Gew. 2,763, Kieselsäure 47,24 $\frac{0}{0}$.

Nach der Analyse des Hrn. vom Rath (l. c. S. 89) ist er $\frac{4}{3}$ Silicat. Es ist nicht zu erwarten, dass er durch Glühen leichter zersetzbar werde, weil Härte und spec. Gew. niedrig stehen.

Glaukolith vom Baikalsee; spec. Gew. 2,66, Härte zwischen Axinit und Feldspath, 46 $\frac{0}{0}$ SiO_2, ebenfalls $\frac{4}{3}$ Silicat. Salzsäure greift ihn nur wenig an.

Wernerit von Gouverneur (l. c. S. 99). Spec. Gew. 2,633. Härte gleich Feldspath. 52,25 $\frac{0}{0}$ SiO_2. Salzsäure griff das feine Pulver nur wenig an.

Nach der Analyse ist er beinahe $1\frac{1}{2}$ Silicat, was dies genügend erklärt.

Ein anderer Wernerit (l. c. S. 101) von Pargas in Finnland, spec. Gew. 2,654. Härte unter Feldspath. 48,46 $\frac{0}{0}$ SiO_2. Salzsäure zersetzt das feine Pulver vollständig. Offenbar war dies eine ganz andere Substanz, als der erste Wernerit. Alle diese Mineralien enthielten Wasser in Poren und bezeugten dadurch ihre Entstehung.

---

*) Pogg. 68,510.

**) Pogg. 90,87.

Der Lepidolith hat frisch das spec. Gew. 2,804; geschmolzen 2,496, also spec. Gewichtsverlust 0,308. Der geschmolzene Lepidolith lässt sich zur Darstellung des Lithions als Pulver in Salzsäure ohne weiteres auflösen, der natürliche nicht. Diese Thatsachen sind auch von Schrötter in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie bestätigt worden.

Der Axinit mit Borsäuregehalt ist $\frac{4}{3}$ Silicat, und wird durch Säuren nur unvollständig zersetzt. Er hat das spec. Gew. 3,294, welches durch Glühen auf 2,815 übergeht. Er verliert also 0,479, und muss sich also leicht in Säuren auflösen. Sein etwas grösserer Kieselungsbruch von $\frac{4}{3}$ gegen 1 hindert die Lösung nicht wegen des Borsäuregehaltes.

Der ungleiche Zustand der Verdichtung der Kieselerde erklärt die Dimorphie des Granats und Idokrases, sowie des Epidots und Mejonits. Von ähnlichen kleinen Modificationen in der Dichtheit mögen auch noch andere Krystallwandlungen abhängen. Ebenso einleuchtend ist, dass die genannte ganze Reihe von Mineralien der Granatfamilie nicht auf feurigem Wege entstanden sein können, weil sie durch Feuer ihre Eigenschaften gänzlich verlieren, die sie im natürlichen Zustande besitzen, nämlich Härte, Dichtheit und chemischen Widerstand.

Th. Scheerer*) hat die Epidote einer genauen Untersuchung unterworfen, und, wenn es deren noch bedürfte, ausser den obigen noch neue Beweise für ihre nasse Entstehung beigebracht. Sämmtliche von Stockar und Escher untersuchte Epidote enthalten einen Wassergehalt von mehr als 2 %. Der Epidot vom Guttanen enthält 2,02 %; vom Sustenhorn 2,46 %; vom Gotthard 2,04 %, vom Kaverdiras 2,33 %; von Bourg d'Oisans 2,35 %. Scheerer berichtet, dass durch Erhitzung grösserer Mengen bei höherer Temperatur getrockneten Epidots, bis zu 9½ Grm., in einer Platinretorte mit röhrenförmiger Glasvorlage tropfbar flüssiges Wasser aus diesem Minerale abgeschieden worden sei; es sei durch einen kleinen Gehalt an Salzsäure schwachsauer reagirend; das Wasser würde erst bei fortgesetzter Glühhitze vollständig ausgetrieben. Wenn nun auch hier wieder der hohe Druck zur Hülfe genommen werden soll, um das Zurückhalten des Wassers bei der ohne allen Grund angenommenen Schmelzhitze zu erklären, so kann das doch nur von eingeschlossenen Epidoten und nicht von den in Hohlräumen befindlichen gelten sollen, welche sich frei ausdehnen konnten. Der Epidot kommt als Gemengtheil in Granit, Gneiss, Syenit, im Thonschiefer, Hornblendegestein und in Quarz eingeschlossen vor. Er enthält kein Eisenoxydul und kommt in Augit- und Hornblendegestein vor. Viele der umschliessenden Gesteine enthalten keine Spur Kalk und der Epidot 23 bis 25 %. Man muss gegen diese Haufen von Beweisen seine Augen verschliessen, wenn man eine so grundlose Meinung, wie die von dem feuerflüssigen

*) Pogg. 95,501.

Ursprung des Epidots, noch aufrecht halten will. Das Analysiren ist gut, es thuts aber nicht allein.

Der Epidot hat, wie alle aus nasser Lösung entstandenen Mineralien, kleine Reste von Flüssigkeit in Poren eingeschlossen und zurückgehalten. Dass diese Flüssigkeit nicht beim ersten Erhitzen entweicht, liegt beim ganzen Epidot in der Feinheit der Kanäle und der Grösse der Cohäsion, und beim Pulver, dass auch darin noch nicht alle Kanäle geöffnet worden sind. Dass das Wasser nicht chemisch gebunden ist, beweist seine kleine und wechselnde Menge und die Härte des Minerals.

Während Kieselerde durch Glühen specifisch leichter und lösbarer wird, werden andere Körper dichter und schwerer lösbar, wie die Titansäure, Yttererde, Thonerde, Chromoxyd; dagegen scheinen die Oxyde RO durch Hitze keine merkbare Veränderung zu erfahren. Von Kalk, Bittererde, Eisen- und Manganoxydul hat man weder eine Zunahme der Dichtheit, noch des chemischen Widerstandes wahrgenommen.

Wenn Kieselerde mit Oxyden der Thonerdegruppe in Verbindung ist, so werden durch Erhitzung complicirte Erscheinungen hervorgebracht. Bei den sich leicht hart brennenden Erden, Yttererde, Ceroxyd und ähnlichen tritt gleich von vorn herein ein Dichterwerden und zunehmender Unlöslichkeit ein; dagegen beim Thon, welcher ein Bisilicat von Thonerde ist, tritt beim gelinden Brennen die Ausdehnung der Kieselerde vor, bei stärkerem Brennen aber das Dichtwerden der Thonerde. Natürlicher Thon löst sich fast gar nicht in Schwefelsäure von mittlerer Stärke, dagegen schwach gebrannter Thon sehr leicht. Es gründet sich darauf eine fabrikmässige Bereitung von schwefelsaurer Thonerde und Alaun. Bei stärkerm Brennen wird der Thon wieder dicht und unlöslich in Säuren. Reine Thonerde wird durch starkes Brennen sehr schwerlöslich, aber im gepulverten Zustand und mit starker Schwefelsäure heiss behandelt löst sie sich endlich doch. Die Versuche Gaudin's (Pogg. 42,172), künstlichen Rubin durch Schmelzen darzustellen, haben keine geologische Bedeutung, da der Rubin nicht geschmolzen ist, wie er in der Natur vorkommt. Yttererde und Chromoxyd ebenso behandelt, lösen sich dann gar nicht mehr.

Das Verhalten des Thons zur Wärme erklärt sich aus seiner Abstammung vom Feldspath. Der Adular vom St. Gotthardt hat nach Abich das spec. Gew. 2,5756, nach Deville 2,5610. Geschmolzen und als Glas hat er nach Rose das spec. Gew. 2,387, nach Deville 2,3512. Ein Feldspath von W. Büchner geschmolzen zeigt nach einer Wägung 2,309. Die Abnahme am specifischen Gewichte beträgt demnach 0,1886 bis 0,2098, d. h. nicht so viel als bei Idokras und Granat. Die Kieselerde ist also im Feldspath wieder in einer andern Dichtheit enthalten. Der Thon, welcher durch nasse Zersetzung des Feldspathes entstanden ist, enthält die Kieselerde in derselben Cohäsion, wie der Feldspath, und daher seine Unlöslichkeit im natürlichen Zustande; durch Glühen geht die Kieselerde theilweise in die amorphe, weiche Modifi-

cation über, daher die Zersetzbarkeit des schwach geglühten Thones; durch heftiges Glühen geht die Thonerde in die dichte, unlösliche Form über, daher die Eigenschaften der Töpferwaaren. Der ächte eisenfreie Kaolin kann nur durch einen Zusatz von natürlichem Feldspath jene leichte Schmelzbarkeit bekommen, welche dem ächten Porcellan das durchscheinende, „das Fleisch,“ gibt, während die reine unschmelzbare Porcellanerde als das „Gebein“ erscheint. Indem nun dieser natürliche Feldspath mit der in ihm enthaltenen verdichteten Kieselerde zu immer höheren Graden erhitzt wird, muss sein specifisches Gewicht abnehmen, und dadurch erklärt sich die eigenthümliche, von Brongniart*) und G. Rose**) beobachtete Erscheinung, dass das Porcellan im Gutofen beim letzten Brennen zwar schwindet, aber auch am specifischem Gewichte abnimmt.

Die Thatsachen sind folgende:

Brongniart, als Director der Porcellanfabrik zu Sevres, hatte ein Intresse, das specifische Gewicht der Thonwaaren, worüber noch nichts bekannt war, genauer zu erforschen. Er liess die Untersuchungen unter den günstigsten Verhältnissen von A. Laurent, dem nachher so berühmt gewordenen Chemiker, und Malaguti anstellen. „Wir gelangten zu Resultaten,“ erzählt er selbst, „die ganz unerwartet und den Vorstellungen, welche man gewöhnlich von den Verschiedenheiten des spec. Gewichtes der verschiedenen Arten von Thonwaaren hat, völlig entgegengesetzt waren.“ Die merkwürdigste Thatsache war, dass das spec. Gew. von der weichsten, wenig gebrannten Thonwaare zu den stark und hart gebrannten anstatt zuzunehmen, vielmehr abnimmt, so dass die weichen Ziegelsteine von Sarcelles bei Paris, die Steingutmasse und das grobe Töpfergut der Vorstadt St. Antoine bei Paris eine viel beträchtlichere Dichtigkeit haben, als die harte, dichte (serrée) und so stark gebrannte Masse der Feldspathporcellane. War die Masse nur verglüht, d. h. 10 Stunden lang einer Hitze, etwas höher als schmelzendes Silber, ausgesetzt, so klebte sie noch an der Zunge, und hatte pulverisirt das spec. Gew. 2,619. War sie im Gutofen halbgar gebrannt, so zeigte sich ihr spec. Gewicht = 2,440, und endlich nach völligem Garbrennen war es auf 2,242 herabgesunken, und dennoch hat sich die Masse in linearer Ausdehnung um 10 % zusammengezogen. Ohne die Thatsache zu erklären, stellt er sie einfach dahin fest, dass das spec. Gewicht dieser Massen im umgekehrten Verhältniss zu dem Grade des Brennens steht.

Prof. Gustav Rose***) wiederholte diese Versuche in der Porcellanfabrik zu Berlin. Das verglühte Porcellan hatte sehr nahe dasselbe

*) Al. Brongniart: Traité des arts céramiques et des poteries, Paris, 1844. Vol. I, p. 282.

**) Erdmann's Journ. f. pr. Ch. 36,168; Pogg. 66,97.

***) Pogg. 93,74.

spec. Gew., wie das Pariser (2,613 gegen 2,619 Paris.). Dagegen das fertige Porcellan war etwas schwerer. Die Proben blieben je eine Stunde länger im Gutofen und zeigten im gepulverten Zustande folgende spec. Gewichte:

eingesetzt	2,613,
nach 3 Stunden	2,589,
„ 4 „	2,566,
„ 9 „	2,452

und wird somit die Erfahrung von Brongniart bestätigt und unzweifelhaft festgestellt.

Das Schwinden ist Abnahme des äussern Umfanges durch Zuschmelzen von Hohlräumen; das Geringerwerden des spec. Gewichts ist wirkliche Ausdehnung der Substanz, und so hat sich das Räthsel, von dem Volger*) noch 1854 sagt, dass man nicht im Stande wäre, diesem Verhältniss auf die Spur zu kommen, in der einfachsten Weise gelöst, wenn man überhaupt die 2 Zustände der Kieselerde als bestehend ansieht. Jeder Porcellanteller ist hinreichend, um das ganze plutonistische Lehrgebäude über den Haufen zu werfen.

Stellen wir nun diese Dichtigkeiten der Kieselerde in ihren verschiedenen Vorkommnissen zusammen, indem wir den durch Schmelzen erlittenen Verlust an spec. Gew. dem niedrigsten spec. Gew. der Kieselerde zufügen, so haben wir conventionell ausgedrückt:

Namen	Verlust an spec. Gew. durch Schmelzen	Spec. Gew. der Kiesels. in der Verbindung
1) Opal, Glas, Schlacken, Bimsstein, Kieselalgen	0	2,2
2) Epidot	0,1310	2,3310
3) Labrador	0,1639	2,3639
4) Feldspath (Adular)	0,2100	2,4100
5) Lepidolith	0,3080	2,5080
6) Hornblende (Amphibol)	0,3903	2,5903
7) Bergkrystall	0,4510	2,6510
8) Augit (Pyroxen)	0,4612	2,6612
9) Idokras (Vesuvian)	0,4850	2,6850
10) Peridot (Chrysolith)	0,5296	2,7296
11) Granat	0,6800	2,8800

Ohne Zweifel bestehen noch eine grosse Zahl ungleicher Dichtheiten der Kieselerde, welche mit der grossen Mannigfaltigkeit der Silicate im innigsten Zusammenhange stehen. Die Isomerie des Idokras und Granats bei ganz verschiedener Krystallform hat hier wenigstens einen sichtbaren Grund gefunden.

*) Pogg. 93,74.

Bei den höheren Silicaten als Monosilicat kann wegen der Menge der Kieselerde kein chemischer Angriff nachher stattfinden, dagegen tritt die Abnahme des specifischen Gewichtes bei allen ein. Wir sehen in der obigen Tafel den Feldspath, den Augit und die Hornblende mit einem bedeutenden Verluste an spec. Gewichte aufgeführt. Diese Thatsache ist der Wendepunkt der neueren Geologie geworden.

Da alle sogenannte Urgebirge, oder plutonische Gesteine, oder krystallinische Silicate Feldspath, Augit, Hornblende und ähnliche Silicate enthalten, die im natürlichen Zustande ihr hohes spec. Gewicht besitzen und durch Schmelzen eine gewisse Einbusse erleiden, so folgt daraus der schon so oft gemachte Schluss, dass sie vorher niemals geschmolzen gewesen sind, und es ist dadurch die Entscheidung dieser so angestrittigen Frage aus den Hin- und Herreden auf die Waage gebracht worden. Alle zusammengesetzten Felsarten zeigen ebenfalls diesen Verlust an spec. Gewicht, nur die Auswürflinge und Laven der ächten Vulkane zeigen diesen Verlust gar nicht, oder je nach dem ausgestandenen Feuer in einem geringeren Grade. Man hat deshalb bei einem unbekannten Silicate nur einfach das specifische Gewicht zu nehmen, so kann man, wenn die Substanz erkannt ist, daraus genügend schliessen. Ist das Gestein gemengt und unsicher in seiner Zusammensetzung, so nimmt man einmal das spec. Gew. vor, und einmal nach dem Glühen, und beobachtet, ob es einen ansehnlichen Unterschied darbietet. Die ächten vulkanischen Gesteine zeigten meistens eine kleine Zunahme nach dem zweiten Glühen, die oft innerhalb der Beobachtungsfehler fiel, zuweilen aber auch zuviel betrug, um vernachlässigt zu werden. Der Grund derselben wird sich bei wiederholten Versuchen wahrscheinlich aufklären.

Alle Bestimmungen des spec. Gewichtes müssen vor und nachher mit gepulverten Substanzen vorgenommen werden, und die Luftblasen durch Kochen oder Auspumpen entfernt werden.

Das gewonnene Resultat ist so wichtig, dass ich eine Bestätigung desselben von fremder Hand hier nicht übergehen darf. Dr. Fuchs*) in Heidelberg hat die Thatsache einer experimentalen Prüfung unterworfen. Er bestimmte das spec. Gew. von vesuvischem Leucit vor und nach dem Glühen. Es betrug

vor dem Glühen	nach dem Glühen
2,484,	2,486.

Der Unterschied fällt innerhalb der Beobachtungsfehler, und er schliesst, dass der Leucit durch heftiges Glühen sein spec. Gewicht nicht verändere. Bei einem andern Leucit der Roccamonfina fand er eine Zunahme des spec. Gewichtes von 0,013. Das Glühen geschah in beiden Fällen vor dem Leuchtgasgebläse bis zum Zusammensintern der Körner.

*) Neues Jahrbuch der Mineralogie v. G. Leonhard und Geinitz. 1865. 5. Heft. S. 576.

Ein Augit aus Aetnalaven zeigte

vor dem Glühen	nach dem Glühen
3,445,	3,453,

also eine Zunahme von 0,008.

Dagegen zeigte Wollastonit, welcher sicherlich keiner Einwirkung der Hitze ausgesetzt war,

vor dem Glühen	nach dem Glühen
2,892,	2,798,

also eine Abnahme von 0,094.

Schliesslich kommt er zu dem Resultat, „dass der Schluss, den Mohr auf das Verhalten jener Silicate gründet, vollständig gerechtfertigt ist.“

Freie Eisenoxyde und Silicate.

Eine grosse Menge natürlicher Gesteine enthalten freies Magneteisen (Fe_3O_4) neben deutlich krystallisirten Silicaten. Dazu gehören alle Basalte, Dolerite, Diorite und ähnliche, die man unter dem Namen Schwarzsteine (Melaphyre) zusammenfassen könnte. Wenn man dieselben pulvert und mit verdünnter Salzsäure behandelt, so zieht diese das Magneteisen aus, das Pulver entfärbt sich und die Flüssigkeit enthält Eisenoxydul und Oxyd, und wenn man sie eindampft, so scheidet sich keine Kieselerde aus, wenn nicht zugleich leichter zersetzbare Silicate, Nephelin, Anorthit, Olivin oder andere vorhanden waren. Zieht man ein ganzes Gestein in gleicher Weise mit Salzsäure aus, so entfärbt es sich ebenfalls, erhält Hohlräume und besteht nachher aus einem jetzt erst deutlichen Gemenge von schwarzen und weissen Silicaten, von Augit und Feldspath, die von der Säure nicht angegriffen wurden. Es ist also hier das mit Kieselerde verbundene Eisenoxydul im Augit nicht angegriffen worden, sondern nur das freie. Wenn man einen Basalt schmilzt, so erhält man bei genügender Hitze ein schwarzes, amorphes Glas, den Basaltobsidian. Behandelt man diesen mit Salzsäure, so löst er sich als Ganzes auf und die Flüssigkeit gelatinirt zu einer eisenchloridhaltigen Gallerte. Selbst ganze Stücke zeigen dies Verhalten. Im Schliffe bemerkt man eine gleichförmige graue Farbe und alle Augitkrystalle sind verschwunden. Durch das Einschmelzen ist die Masse basischer geworden, weil sich das vorhandene Magneteisen mit der übrigen Kieselerde vereinigt hat, ebenso das noch zuweilen vorhandene kohlensaure Eisenoxydul und der kohlensaure Kalk. Da nun durch das Schmelzen auch die Kieselerde ihre Verdichtung verloren hat, so wird durch beide Umstände veranlasst, dass der geschmolzene Basalt viel leichter von

Säuren zersetzt wird, als der natürliche, und da jetzt das Eisenoxydul mit der Kieselerde in Verbindung getreten ist, so muss die damit verbunden gewesene Kieselerde als Gallerte austreten.

Ganz dasselbe Verhalten zeigen die Hochofenschlacken. Man kann kein Eisenoxydul ausziehen, ohne dass eine entsprechende Menge Kieselerde in Freiheit gesetzt wird. Gepulverte Schlacken und der Schlackenstaub in den Trockenkammern der Gichtflamme gestehen mit Salzsäure augenblicklich zu einer Gallerte. Das Auflösen der ganzen Masse hängt aber davon ab, ob das Geschmelze so basisch ist, dass es dies gestattet, und es gibt auch kieselerdereichere Geschmelze, die weder Eisen noch Kieselerde abgeben, wie die Obsidiane, und einige Hochofenschlacken, die über 52 % Kieselerde enthalten.

Die ächten Laven der Eifel und der Auvergne zeigen bei genauer Betrachtung keine getrennte Silicate und werden, mit Salzsäure behandelt, nicht entfärbt. Dieser Versuch ist mit Krotzen von der Eifel, mit Rapilli vom Krater Pariou, mit Niedermendiger Mühlstein u. a. angestellt worden, und immer in gleichem Sinne ausgefallen. In den meisten Fällen fand gar keine Farbenveränderung statt, und wo sie schwach stattfand, hatte sich eine dicke Kieselgallerte gebildet.

Es ist eine bekannte Erfahrung, dass Schmiede beim Schweissen von Eisen Sand auf die weissglühende Stelle streuen, um das gebildete Eisenoxyd durch Verbindung mit Kieselerde in eine leicht schmelzbare Schlacke zu verwandeln, welche unter den Streichen des Hammers herausspritzt. Es trennen sich aber die beiden verbundenen Stoffe nachher nicht wieder, weder beim langsamen, noch raschen Erkalten. Und so müssen wir uns die Frage vorlegen: ist es chemisch möglich oder wahrscheinlich, ist es durch Versuche oder Beobachtung erwiesen, dass sich ein Oxyd aus seiner Verbindung mit der Kieselsäure im freien Zustande ausscheiden könne? Die Antwort darauf ist mit der grössten Bestimmtheit: Nein, es ist eben so wenig wahrscheinlich als durch Erfahrung bestätigt, dass dies geschehen könne. Die der Kieselsäure ähnlichste Säure ist die Borsäure. Ihre Feuerbeständigkeit, ihre schwachsauren Eigenschaften, die Aehnlichkeit zwischen Bor und Silicium, und den parallelen Verbindungen mit Chlor, Fluor, Schwefel, die Flüchtigkeit beider Säuren im Wasserdampf und vieles Andere bestätigen diese Vergleichung. Nun können die mannigfaltigsten Verbindungen von Borsäure mit allen Metalloxyden durch Schmelzen dargestellt werden, und die Boraxperlen bei Löthrohrversuchen dienen zur Erkennung der Oxyde an der Farbe und sonstigem Verhalten. Aber niemals scheidet sich beim Erstarren oder Erkalten ein Oxyd aus. Nie trennt sich freiwillig die Kohlensäure, die Phosphorsäure, die Schwefelsäure vom Kalk, vom Bleioxyd, vom Baryt; niemals trennt sich das Chlor vom Natrium; niemals hat sich aus einer geschmolzenen Schlacke Eisenoxyd oder freie Kieselerde ausgeschieden. Wenn nun aber im Gegentheil alle natürliche Gesteine, welche freies Magneteisen enthalten, durch Schmelzen in

solche Massen übergehen, die keins mehr enthalten, so ziehen wir mit der grössten Bestimmtheit den Schluss, dass alle Gesteine, welche freies Magneteisen enthalten, niemals geschmolzen gewesen sein können.

Gewöhnlich wird als Beweis für die mögliche Ausscheidung von Stoffen durch Erkaltung die Ausscheidung des Graphites aus hochgekohltem Eisen angeführt. Dagegen ist einzuwenden, dass die Verbindung von Eisen mit Kohle keine so innige und feste ist, wie zwischen Säure und Basis, so wie sich auch keine Formel nach Proportionen für die gekohlten Eisen aufstellen lässt, und dass auch aller natürlicher Graphit sicherlich nicht aus Kohleneisen ausgeschieden ist.

Woher kommt denn dieser so geläufige Begriff in die Wissenschaft, dass sich Eisenoxydoxydul aus geschmolzenen Silicaten ausgeschieden habe; dass die blose Krystallisationskraft des Magneteisens grösser sein soll als seine chemische Verwandtschaft zur Kieselsäure? Offenbar von Geologen, denen die Chemie fremd war, die sich nicht einmal fragten, ob ihre Erklärung in der Wissenschaft irgend eine Unterstützung fände. Zudem musste die Erklärung mit den übrigen Annahmen stimmen, und da erschien die Gegenwart des Magneteisens nicht bedeutend genug, um das ganze System aufzugeben. Jetzt aber, wo wir auch aus andern Gründen wissen, dass die magneteisenhaltigen Gesteine nicht geschmolzen waren, passt dies Verhalten trefflich in die Reihe der Erscheinungen: es bestätigt vollständig die andern Beweise und man kann den Satz dramatisch ausdrücken: Nur über die Leiche des Magneteisens geht der Weg zum geschmolzenen Basalt. Mit dem Magneteisen allein schon heisst es: Schach dem geschmolzenen Basalt und — matt.

Künstliche Schlacken.

Unter Schlacken versteht man die bei hüttenmännischen Operationen abfallenden durch Schmelzung gebildeten Silicate. Ihre Bildung hat immer den Zweck, die werthlosen Bestandtheile der Gesteine durch Schmelzung von den werthvollen zu scheiden. Bei dem Eisenprocess soll die Schlacke möglichst wenig Eisenoxyd enthalten, bei dem Kupferprocess möglichst viel, um das Eisen vom Kupfer zu scheiden. Alle Schlacken ohne Ausnahme sind Silicate und das Schmelzmittel ist eben so wohl die Kieselerde als die basischen Körper. Reine Kieselerde, so wie reine Oxyde, Kalk, Bittererde, Thonerde, Manganoxydul u. a. sind für sich unschmelzbar und nur schmelzbar in Verbindung. Es liegt immer im Ziele, die Schlacke möglichst leicht schmelzbar zu machen, weil dann die Scheidung am leichtesten statt findet und am

wenigsten Brennmaterial aufgewendet werden muss. Wenn die zur Schlackenbildung nöthigen Stoffe nicht in den Erzen enthalten sind, so müssen sie zugesetzt werden. Gewöhnlich ist Kieselerde zur Genüge und Thonerde zu viel vorhanden; in diesem Falle wird Kalk zugesetzt um die Schmelzbarkeit zu bewirken. Auch hat der Kalk den Nutzen die basischen Metalloxyde (Eisenoxyd und Oxydul) auszuscheiden und den Verlust daran zu vermindern. Gemischte Schlacken sind immer leichter schmelzbar als einfach zusammengesetzte. Gewöhnlich ist in der Natur dafür gesorgt, dass die Schlacken gemischter Beschaffenheit sind.

Die Schlacken sind nach raschem Erkalten immer glasig, amorph; nach langsameren Erkalten entglasen sie und nehmen steinartiges Gefüge an, wie man dies auch beim grünen Glase durch Entstehung des Réaumur'schen Porzellans beobachtet hat. Gemischte Schlacken entglasen am leichtesten. Rammelsberg*) hat bei der getrennten Analyse des glasigen und steinigen Antheils gefunden, dass die Zusammensetzung der amorphen und krystallinischen Schlacke dieselbe ist, und da man dem krystallinischen Antheil wohl gerne eine bestimmte Zusammensetzung nach Proportionen zuschreibt, so kommt dieselbe auch hier zufällig dem glasigen Theile zu.

Rammelsberg (Pogg. 74,100) fand, dass die Schlacken durch Glühen sämmtlich am spec. Gew. verloren. Die Verluste bei den glasigen Schlacken waren 0,114, 0,110 und 0,136, dagegen bei den steinigen 0,035 und 0,288.

Diese Unterschiede sind so gross und unregelmässig, dass man annehmen muss, dass hierbei eine unbekannte Fehlerquelle mit eingelaufen sei. Insbesondere ist der Unterschied von 0,035 und 0,288 bei den 2 Analysen 4 und 5, welche in allen einzelnen Bestandtheilen kaum um 1 % von einander abweichen, geradezu unverständlich.

Rammelsberg bemerkt ausserdem, dass sich zwischen der amorphen und krystallinischen Schlacke im spec. Gewicht kein deutlich hervortretender Unterschied wahrnehmen lasse.

Der auf S. 109 beschriebene künstliche thonerdehaltige Augit mit dem Kieselerdegehalt 53 bis 55 % zeigte ein spec. Gew. von 3,024, was gegen andere Angaben etwas gering erscheint. Quenstedt führt als spec. Gew. des Augits 3,2 bis 3,5 auf, und Leonhard 3,25 bis 3,34. Dagegen hat Naumann die grösste Latitude von 2,88 bis 3,5 oder 0,620 Differenz.

Von 9 Hochofenschlacken von Mägdesprung wurden folgende Resultate erhalten:

Die Kieselerde betrug im Durchschnitt 40 % und zwar innerhalb der Zahlen 38,5 bis 43,5 %. Thonerde betrug wenig, von 4,96 bis 11,27 %, Manganoxydul 22 bis 25 %, Kalkerde 20 bis 26 %; Eisenoxydul

*) Pogg. 74,101.

wenig, 1 und 2 % bis 5 % steigend. Berechnet man die Mengen der Basen und der Kieselsäure, so ergibt sich, dass die Schlacken meistens $\frac{3}{4}$ Silicate sind und bis $1\frac{1}{3}$ Silicate steigen, also sehr basischer Natur sind. In zwei besonders verglichenen Fällen waren die krystallinischen Antheile ganz gleich dem glasigen; dagegen verlangen die eisenoxydulfreien Augite 56,36 % SiO_2, die Eisenoxydulhaltigen 52,72 %, die Thonerdehaltigen 51,83 %; die Hornblenden, welche $\frac{6}{5}$ Silicate sind, enthalten bis zu 60 % SiO_2, weshalb der oft gemachte Vergleich der Hochofenschlacken mit Augiten und Hornblenden hier nicht zutrifft. Eine Reihe von Schlackenanalysen, welche E. Althans*) mit Schlacken der Concordiahütte zu Sayn angestellt hat, ergab ganz genau Monosilicate. Wenn man den berechneten Sauerstoffgehalt der Thonerde zu $\frac{1}{3}$ nimmt, und ihn den Basen zulegt, während Althans die Thonerde zur Kieselerde gerechnet hat, so verhält sich der Sauerstoff der SiO_2 zu dem der Basen wie 25,20 : 13,501 und bei der blauen steinigen Schlacke, wie 25,40 : 12,84 oder wie 2 : 1, was genau Monosilicate bedeutet. Diese Schlacken sind in Salzsäure noch ganz leicht löslich.

Unter den 72 Schlackenanalysen, welche im Handwörterbuch der Chemie (2. Aufl. II., 3. Abth. S. 1089) mitgetheilt werden, finden sich einige bis zu 55 % SiO_2 steigend. Diese reichen bis zum einfachen Silicat, es wird aber auch bemerkt, dass sie in Salzsäure unlöslich gewesen wären. Augite sind aber darin nicht vorgekommen. In den Frischschlacken sinkt die Kieselsäure oft bis auf 9 und 10 % und das Eisenoxydul steigt auf 70 bis 80 %. Allein solche Schlacken haben mit Gesteinen so wenig Aehnlichkeit, dass eine Vergleichung nicht statt finden kann.

Die so oft behauptete Ausscheidung von Augiten aus Hochofenschlacken ist kaum mit den nöthigen Belegen versehen worden; man hat sich meistens mit dem Wahrnehmen eines augitähnlichen Winkels begnügt und dann nicht einmal die Analyse für nothwendig gehalten. Es sind so aus der Analyse der Ofenschlacken für die Geologie keine positive Resultate hervorgegangen, wohl aber eine Anzahl sehr bedeutsamer negativer.

1) Niemals hat man die Ausscheidung besonderer Mineralien darin wahrgenommen, deren Bestandtheile in kleinen Mengen in der Schlackenmasse vorkommend, sich zu besonderen Gebilden vereinigt hätten, sondern in allen Fällen hatten die krystallinisch ausgeschiedenen Massen ganz genau dieselbe Zusammensetzung wie die glasartig erstarrten.

2) Eine Ausscheidung eines Stoffes, der nicht bis zur Sättigung in der Schlacke vorhanden war, hat niemals statt gefunden.

3) Niemals hat man eine Spur von Kohlensäure in geschmolzenen Schlacken wahrgenommen.

4) Niemals ist Wasser in Schlacken vorgefunden worden und es

---

*) Annalen der Chem. u. Pharm. 94,350.

können die künstlichen Schlacken nicht zum Beweis für die Entstehung der Basalte angeführt werden.

5) Keine Schlacke hat durch Umschmelzen ihre Eigenschaften, Härte und Löslichkeit in Säuren, verändert, wenn sie vorher vollkommen geschmolzen war.

6) Niemals ist aus einem geschmolzenen Silicat durch Erkalten, Krystallisiren oder sonst wie, ein reines, kieselsäurefreies Oxyd oder reine mit Basen nicht verbundene Kieselsäure ausgeschieden worden.

7) Verwitterung tritt niemals ein.

Ein Beweis gegen die Bildung der natürlichen Silicate auf feuerflüssigem Wege liegt auch in dem Umstande, dass wir in der Natur keine höhere Silicate finden als Trisilicate. Durch Schmelzen kann man jede beliebige Menge von Kieselerde mit einer noch so kleinen Menge Alkali vereinigen und dieselben erstarren nachher zu einem ganz gleichmässigen Gemenge. Ein Trisilicat nimmt im Schmelzen noch mehr Kieselsäure auf, lässt sie aber beim Erkalten nicht wieder ausscheiden. Dagegen findet sich in den natürlichen Silicaten jede Kieselmenge, die über Trisilicat geht, vollkommen getrennt und ausgeschieden. So haben wir die quarzführenden Trachyte, Granite etc. Werden diese durch Kohlensäure in Kaolin verwandelt, so findet sich die freie Kieselerde überall im natürlichen Zustande als Quarz und nicht als Thon vor und der Thon kann von dieser freien Kieselerde durch Schlämmen getrennt werden. Die vorherige Ausscheidung bei der Bildung ist also klar und spricht gegen die Anschauung der einstigen Schmelzflüssigkeit.

Ueber den Unterschied geschmolzener und natürlicher Silicate in Betreff der Verwitterung ist bereits oben (S. 237) gesprochen worden.

Darstellung künstlicher Mineralien.

Man hat vielfach versucht, durch künstliche Darstellung von Mineralien die Wege zu ermitteln, durch welche die Natur diese Körper gebildet habe. Dabei ist man meistens von vorgefassten Meinungen ausgegangen, indem man schon die Entstehungsart sicher zu kennen glaubte, und durch einen in diesem Sinne angestellten Versuch die Bestätigung der Ansicht oder wenigstens keine Hindernisse der Erklärung zu finden glaubte. Der einzige Weg, den die Natur selbst anwendet, hat man niemals versucht und kann ihn auch der Natur der Sache nach nicht in Ausführung bringen. Es wird aber leicht zu beweisen sein, dass die bisherigen Versuche nicht nur nichts gelehrt haben, sondern dass sie geradezu in Irrthümer hinein führten. Zunächst ist von den auf feuerflüssigem Wege darzustellenden Silicaten zu bemerken,

dass Mitscherlich die Bildung von Feldspath durch Schmelzen von Feldspath oder seiner Bestandtheile nicht hatte erreichen können, und dass er beim Anblick der zähflüssigen Feldspathmasse erklärte, er stehe von jedem ferneren Versuche ab, durch Erstarren von geschmolzenem Feldspath Krystalle zu erhalten. Dieses Resultat ist uns jetzt ganz einleuchtend. Da der natürliche Feldspath durch Schmelzen einen Verlust an spec. Gewicht von 0,212 und darüber erleidet, so ist klar, dass er auf diesem Wege nicht entstanden sein kann, selbst wenn sein Aufsitzen auf Kalkspath, zwischen Geschieben und die sonstigen Vorkommnisse nicht existirten. Aus demselben Grunde ist auch die Darstellung von Granat und Vesuvian, die nur in einer Anmerkung (Pogg. 33,340) behauptet wird, eine Unrichtigkeit. Granat und Vesuvian sind isomer, aber ungleich krystallisirt. Nun hatte aber Mitscherlich nur einen einzigen Weg der Darstellung, nämlich die Schmelzung und das Erstarrenlassen. Die Natur hat zwar auch nur einen Weg dieser Bildungen, nämlich die Absetzung aus vollständiger Lösung, aber ihr standen so ungleiche Zeiträume des Anwachsens zu Gebote, dass sich daraus die grössere Dichtigkeit der Kieselerde im Granat erklären lässt. Der Sangerhausener Feldspath, der weniger eine künstliche Darstellung als ein Ereigniss ist, wurde schon anderswo besprochen. Hier liegt auch keine blose Erstarrung vor, denn die Krystalle sassen nicht auf Feldspath, sondern auf Kohle. Es steht uns an diesen Feldspath noch die Frage frei, wie er sich gegen Feuer verhalte, ob er ebenfalls, wie alle Feldspathe, durch Erhitzen einen Verlust an spec. Gew. erleide, um diesen gleichgeordnet werden zu können. Dasselbe gilt von den künstlichen Augiten, die aus Hochofenschlacken sollen krystallisirt sein. Ebenso wenig kann jemals ein Glimmer aus dem Schmelzflusse entstanden sein, nachdem wir die Ursache der plattenförmigen Absonderung und der einseitigen Cohäsion erkannt haben, welche beide durch Glühhitze verloren gehen. Es ist demnach noch kein einziger Fall feststehend, dass ein Silicat aus dem Schmelzflusse in denselben Eigenschaften dargestellt worden wäre, womit wir es in der Natur auftreten sehen.

Besonders haben sich französische Forscher, Ebelmen, Daubrée, Sénarmont, St. Claire, Debray, Becquerel, vielfach mit der künstlichen Darstellung von krystallisirten Mineralien befasst, sind dann aber immer auf eine einseitige Richtung, auf ein Steckenpferd gerathen. Daubrée wandte überhitztes Wasser oder gleichzeitig Feuer und Wasser an. Dabei bedurfte es Röhren und Dampfentwickler, wie sie in der Natur nicht vorkommen können. Der Wasserdampf verlangt immer freien Raum, und der ist bei massigen Gesteinen niemals gegeben. Feuer und Wasser können nur in Vulkanen zugleich vorkommen; diese aber bilden einen verschwindenden Bruchtheil des Erdkörpers und erzeugen immer Producte, die wir mit der grössten Bestimmtheit von den nassgebildeten Gesteinen unterscheiden können. Sénarmont's Arbeiten (Ann. des mines. 4, serie t. 19 und 5, serie t. 3) sollten den Ein-

fluss der kohlensauren Alkalien, Schwefelalkalien, der freien Kohlensäure in heissen Quellen auf die Entstehung krystallisirter Mineralien in Erzgängen nachweisen. Es wurden deshalb die zu zersetzenden Verbindungen in starken Glasröhren mit überhitztem Wasser unter gleichzeitigem Drucke freier Kohlensäure behandelt. Er will Quarz durch langsames Erhitzen einer Lösung von löslicher Kieselsäure in kohlensäurehaltigem Wasser auf 200—300° erzeugt haben. Hier fehlt das spec. Gewicht des Quarzes, der doch nur Opal sein konnte. Und wie sieht es mit jenen Quarzen aus, die eng eingeschlossen in Graniten, Trachyten, Porphyren, die auf Kalkspath und andern Spathen sitzen?

Andere wendeten Flussmittel an, Ebelmen Borsäure für sich oder an Natron gebunden, Becquerel Aetzkali, Forchhammer Kochsalz, Daubrée Fluorwasserstoff an. Das sind aber Alles Einseitigkeiten. Wo wäre die nöthige Menge Borsäure oder Fluor, um Gebirge auf diesem Wege zu bilden, wo die Gefässe, wo die Möglichkeit, die vorhandenen Stoffe mit der geringen Menge dieser Flussmittel in Berührung zu bringen, wo kommen die Flussmittel hin, und was war vor dieser Bildung vorhanden? Ebelmen will durch Zusammenschmelzen von Borsäure und Thonerde und Erhitzen bis zum Verflüchtigen der Borsäure Korund erhalten haben. Wie sieht es denn mit jenen Korunden aus, die eingewachsen in Granit (Piemont), im Glimmerschiefer (Camonica), in Feldspathblöcken (Chamouni), im Dolomit mit grünem Turmalin, Eisenkies, Grammatit (Campo Longo), in Magneteisen (Schweden) mit Kalkspath, Quarz, Strahlstein, Asbest, Apatit vorkommen?

Gaudin will Korund durch bloses Schmelzen der Thonerde erhalten haben. Worauf konnte die Thonerde gelegen haben, ohne mit der Unterlage zusammenzuschmelzen? Die vollständig verunglückte Beweisführung für die Entstehung des körnigen Kalkes durch Schmelzen von Hall bis zu Gustav Rose ist anderswo besprochen; ebenso die Erzeugung von Zeolithen und Palagonit durch Schmelzen der Stoffe mit Aetzkali in silbernen Schalen und nachherigem Ausziehen mit Wasser.

Die Versuche mögen wohl zu chemische Thatsachen, aber zu keinen geologischen Erklärungen geführt haben; eins aber haben wir mit Bestimmtheit daraus gelernt: wie die natürlichen Mineralien nicht entstanden sind. Bergkrystall war durch Schmelzen amorph geworden und kein Bergkrystall mehr.

Pseudomorphosen

oder Truggestalten, wie sie Volger*) nennt, sind solche Fälle, wo ein Körper in der Gestalt eines andern auftritt. Zusammensetzung und Krystallform stehen in der Mehrzahl der Fälle in einem bestimmten Zusammenhang, wobei eine gewisse Toleranz in Betreff der chemischen Natur statt findet. Kein Theil der Chemie verlangt eine solche Ausdehnsamkeit des Begriffes einer chemischen Verbindung, als die specielle Mineralogie. Mit den Worten Feldspath, Granat, Augit verbinden wir nur einen allgemeinen Begriff der Zusammensetzung, und wir wissen noch lange nicht, was wir unter Händen haben, wenn man ein so benanntes Mineral ankündigt. In einzelnen Fällen haben wir nicht einmal einen allgemeinen Begriff, wie bei Glimmer, Turmalin und wir denken dann nur eine gewisse Krystall- oder Cohäsionsform. Chemische Reinheit ist die Ausnahme in der Natur, grosse Unreinheit die Regel. Wenn die Natur auch Mittel hat, Verbindungen herzustellen, welche die Wissenschaft noch nicht hat nachahmen können, so stellt letztere ihre Producte in viel grösserer Reinheit dar. Nicht nur, dass isomorphe Basen meistens gleichzeitig in Mineralien vorkommen, auch andere der Verbindung scheinbar ganz fremde Stoffe, wie das alles verunreinigende Eisenoxyd, Borsäure, Chlor, Wasser, Schwefelsäure, Phosphorsäure finden sich in rein ausgebildeten Krystallen in kleinen Mengen enthalten, die ein Unterbringen in die Formel gar nicht gestatten.

Krystalle von der Reinheit des isländischen Kalkspathes, des Steinsalzes, des Diamantes sind äusserst selten in der Natur.

Der Grund dieser Unreinheit kann in verschiedenen Umständen gefunden werden. Einmal ist wahrscheinlich, dass aus der Flüssigkeit, woraus sich ein Krystall abgesetzt hat, auch andere zugleich in Lösung befindliche fremde Stoffe sich mit niedergelegt haben. Da die krystallbildenden Lösungen von allen auf ihrem Wege befindlichen Stoffen gewisse Mengen aufnehmen konnten, so ist die Unreinheit der daraus abgesetzten Verbindungen der wahrscheinlichere Fall. Sodann ist einleuchtend, dass eine bereits fertige Verbindung gegen neue Einwirkungen anderer Flüssigkeiten nicht gleichgültig bleiben könne. So lange die erste bildende Flüssigkeit ihre Zusammensetzung behält, wächst der Krystall an Masse oder neue derselben Art setzen sich an. Nimmt aber die Flüssigkeit eine andere Zusammensetzung an, so müssen andere Mineralien entstehen und die vorhandenen erleiden mit der Zeit eine gewisse Einwirkung. Stoffe werden aus den Mineralien gelöst und andere darin abgesetzt, so dass das erste Mineral eine Veränderung seiner Zusammensetzung erlitten hat. Ist z. B. krystallisirter kohlensaurer Kalk vorhanden und es tritt eine Flüssigkeit hinzu, welche in

*) Erde und Ewigkeit S. 487.

Kohlensäure gelöstes kohlensaures Eisenoxydul enthält, so wird der Kalk, als die stärkere Basis sich in Besitz der freien Kohlensäure setzen und löslich werden, und das Eisenoxydul wird an die Stelle des Kalkes treten und Eisenspath bilden. Vor der Vollendung des Umsatzes werden wechselnde Mengen von Kalk- und Eisenspath darin vorkommen und das Gesetz der bestimmten Proportionen verwirren. Da hierbei keine vollständige Lösung statt findet, so wird der Eisenspath die Gestalt des kohlensauren Kalkes tragen und das wäre eine Truggestalt. Der Betrug ist allerdings nicht gross, denn der Kantenwinkel des Kalkspathrhomboeders ist 105° 5′ und der des Eisenspathes 107° 6′. Wir haben hier eine allmälige Stoffwandlung vor uns, und diese würde passend Metamorphose oder Umwandlungspseudomorphose genannt werden können. Nun kann sich aber auch Eisenspath unmittelbar bilden und er wird dann seinen natürlichen Kantenwinkel von 107° 6′ annehmen. Ein anderer Fall ist der, dass in einen von dem weggenommenen Krystall eingenommenen Hohlraum sich ein ganz neuer Körper einsetzt. Man denke sich ein Kalkspathrhomboeder, welches mit Quarz bis auf seine Aufsatzstelle im Laufe der Zeit umhüllt worden ist; kommt nun eine kohlensaure Flüssigkeit, welche im Stande ist den Kalkspath zu lösen, so entsteht ein Hohlraum, welcher die Gestalt des Kalkspathes hat. Kommt nun ein neuer Körper in diese Stelle, so kann er ohne Krystallisation jenen Hohlraum ausfüllen und seine Bildung hat mit dem Verschwinden des ersten keinen Zusammenhang, weil der erste Körper bereits verschwunden war. Oder der erste Körper verschwindet allmälig ganz, während sich ein neuer an seine Stelle setzt und genau seine Gestalt annimmt. So verwandelt sich Holz in einer Kieselsäure enthaltenden Flüssigkeit in verkieseltes Holz, welches noch aufs Genaueste die Faserung des Holzes zeigt. Man muss annehmen, dass die Holzfaser entweder durch Lösung oder Oxydation verschwunden sei, während gleichzeitig sich die Kieselerde an die Stelle der Faser setzte. Man kann diese Erscheinung eine Verdrängung oder Verdrängungs-Pseudomorphose nennen, wobei gleichsam ein Austausch der Cohäsion statt findet, alles andere aber verschwindet. Aehnlich findet man organische Stoffe mit Beibehaltung der Form ganz in Schwefelkies verwandelt, und dabei ist selbstverständlich, dass der Kohlenstoff des organischen Körpers durch den Sauerstoffgehalt der Schwefelsäure und der Base oxydirt und weggeführt worden sei. Auch kann sich der blose Hohlraum vorfinden, ohne später ausgefüllt worden zu sein, und dieser gibt dann Zeugniss, dass der Körper, dessen Natur durch den Hohlraum verrathen wird, unter gewissen Verhältnissen ganz verschwinden könne. So finden sich Hohlräume von Kalkspath und Schwerspath in Quarz und die Wände sind zum Theil mit Schwefelkies besetzt. Es liegt dann eine ganze Geschichte aufgeschlagen vor uns mit dem nothwendigen Schlusse, dass die Natur der Flüssigkeiten an dieser Stelle mindestens 4mal gewechselt habe. Oft ist die Verwandlung nur ange-

fangen oder angedeutet und die Fortsetzung unterbrochen worden. Eine Ecke eines Bleiglanzwürfels kommt in rothe Mennige verwandelt vor; und so liegt der Beweis vor, dass Schwefelblei durch Oxydation in Bleisuperoxydul übergehen könne. Es gehören deshalb die Pseudomorphosen mit zu den wichtigsten Vorkommnissen in der Natur, weil sie einen sichern Beleg von irgend einem Stoffwechsel mit sich führen, und in diesem Sinne werden sie reichlich ausgebeutet. Besonders ist der Umstand zu beachten, dass sie in fast allen Fällen zwischen der plutonistischen und metamorphischen Ansicht von der Entstehung der Gesteine deutlich entscheiden. Die Entstehung der Truggestalten kann nur durch sehr langsamen Stoffwechsel erklärt werden und lässt niemals die feuerflüssige Bildung zu. Durch Schmelzen wird jede Gestalt vernichtet und die Erhaltung einer früheren Gestalt ist undenkbar. Durch Erstarrung nimmt jede Verbindung die ihr eigenthümliche Gestalt an, und eine Truggestalt gehört zu den Unmöglichkeiten. In dem oben angeführten Falle, wo Hohlräume von Kalkspath in Quarz vorkommen, musste zuerst der Kalkspath gebildet sein; dann musste die Kieselerde auf nassem Wege darüber gekommen sein, weil geschmolzene Kieselsäure den kohlensauren Kalk nicht in seiner Gestalt lassen konnte, sondern sowohl durch Hitze als Affinität zum Kalk denselben zerstören musste; drittens muss der kohlensaure Kalk durch Lösung in Wasser oder kohlensaurem Wasser wieder weggeführt worden sein, weil auch hier die Anwendung von Hitze ohne Bildung eines Kalksilicats undenkbar ist, und viertens muss auch die Flüssigkeit, welche den Schwefelkies absetzte, und die aus Gyps, kohlensaurem Eisenoxydul und Humusstoffen bestehen konnte, auf langsamem Wege eingewirkt haben, weil Doppelt-Schwefeleisen in einem Hohlraume ohne Zersetzung weder Hitze noch Zutritt von Luft vertragen konnte. So liegt also in dem blosen Anschauen einer so beschaffenen Stufe die ganze Entwicklungsreihe klar ausgesprochen vor uns.

Durch Aufmerksamkeit hat man an vielen Orten Truggestalten gefunden, wo man sie früher nicht ahnte. Einschnitte in Krystalle verrathen oft durch ihren Winkel die Natur des verschwundenen Körpers, um den sich der neue Körper angelegt hat. Scharfkantige Hohlräume von der Weite, dass man ein Pferdehaar durchschieben kann, gehen durch zolldicke Quarzkrystalle und verrathen den Pyroxen, der zuerst vorhanden war, vom Quarze umschlossen wurde und nachher aus ihm wieder verschwand.

Die bis jetzt bekannt gewordenen Pseudomorphosen sind sorgfältig vom Prof. Blum gesammelt und naturhistorisch beschrieben worden. Prof. Bischof hat in seiner Geologie reichlich von den feststehenden Arten Gebrauch gemacht, um die nasse Bildung vieler Mineralien zu erklären. Wir sind jetzt weit an diesem Punkte vorüber, und haben viel bessere und zuverlässigere Zeichen der nassen Bildung, als die Pseudomorphosen, die wir nur als bestätigend gelten lassen. Wenn man

einen Frosch in Gyps abformte und in die getrocknete Form Blei oder Silber gösse, so hätte man die Pseudomorphose Blei oder Silber nach einem Frosch, und die Bildung hätte doch auf feurigem Wege statt gefunden.

Beziehungen zwischen Melaphyren und Trachyt.

Alle natürliche Melaphyre, Basalt, Diorit, Dolerit sind vollkommen dicht. Wenn man ein Stück wägt und dann unter kochendem Wasser erkalten lässt, so besitzt es nach dem Abtrocknen sein ursprüngliches Gewicht wieder. Dagegen sind alle ächten Trachyte porös und besitzen Hohlräume im Innern. Wenn man während eines Regens in einem Trachytsteinbruche des Siebengebirges hervorragende Stücke des Gesteines abschlägt, so bemerkt man an der dunklen Farbe, dass das Wasser oft mehrere Zoll eingedrungen ist und im Verlaufe der Zeit den ganzen Stein durchdringen würde. Es müssen also die Hohlräume zusammenhängend sein. Es ist nun an sich schwer zu begreifen, wie ein auf nassem Wege gebildetes Silicat solche Hohlräume von Haus aus enthalten könne und es stellt sich die Vermuthung ein, dass diese Hohlräume durch Ausziehen eines im ganzen Gesteine verbreiteten Bestandtheiles entstanden sein könnten. Haüy nannte die Trachyte so, von ihrer rauhen (τραχύς) porösen Beschaffenheit, und wir müssen daran festhalten, dass wir diesen Namen keinem Gesteine zugestehen, welches nicht diese Hohlräume besitzt, wodurch dann der Trachyt von dem Granit, der sie nicht besitzt, sonst aber in der Zusammensetzung damit übereinstimmen kann, unterschieden wird. Diese Hohlräume bestimmt man leicht in der folgenden Weise. Man wägt erst ein ganzes Stück des Gesteins im lufttrocknen Zustande und lässt es dann unter der Luftpumpe oder unter kochendem Wasser voll Wasser saugen. Wägt man es jetzt äusserlich abgetrocknet, so ist das Mehrgewicht das eingesaugte Wasser oder die Hohlräume in Kubikcentimetern ausgedrückt Nun hat man noch das Volum des ganzen Steines mit seinen Hohlräumen zu bestimmen. Dies geschieht leicht mit der Pipette nach der in meinem Lehrbuch der Titrirmethode 2. Aufl. S. 558 beschriebenen Methode. Dividirt man nun die Hohlräume in das ganze Volum, so erhält man die Hohlräume als Bruch oder als Procente des ganzen Volums. Um nur ein Beispiel anzuführen, so wog ein Stück Drachenfelser Trachyt 43,6 Grm. und nahm 2,02 Grm. Wasser auf. Das Volum des

ganzen Steines einschliesslich des Wassers betrug 19,5 Kubikcentimeter, und folglich die Hohlräume $\frac{2,02}{19,5}$ oder 10,35 %. Ein Kühlsbrunner Trachyt zeigte 16,24 % Hohlräume; ein sehr stark verwitterter Trachyt enthielt 36,5 % Hohlräume; selbst der krystallisirte trübe Sanidin ist nicht frei davon und zeigte 3 % Hohlräume; ein isländischer Trachytdolerit von Hrn. Dr. Preyer hatte 8,98 % Hohlräume. Damit ist die Thatsache festgestellt. Im Siebengebirge treten diese beiden Gebirgsarten vielfach miteinander auf, und auch vielfach getrennt und aufs deutlichste charakterisirt. So ist z. B. Basalt: der Oelberg, der Weilberg, der Petersberg, die Dollendorfer Hardt und die ganze Reihe der Hügel bis gegenüber von Bonn; Trachyt sind: Drachenfels, Wolkenburg Stenzelberg, Rosenau u. a. Die Löwenburg wird meistens als Dolerit aufgeführt, unterscheidet sich aber von manchen Obercasseler Basalten, die ebenfalls mit Säure gelatiniren, weder im Ansehen noch in der Zusammensetzung wesentlich. Alle diese Basalte werden durch kalte Behandlung mit schwacher Salzsäure sehr stark entfärbt und es treten dann oft Krystalle von Feldspathen sichtbar auf, die man früher nicht wahrnahm. Da nämlich die Feldspathe auch Hohlräume haben, so enthielten sie früher ebenfalls Magneteisen und waren dadurch dunkel gefärbt und unkennbar; durch das Ausziehen des Magneteisens wurden sie aber viel heller gefärbt, als die umliegende, durch Augite noch gefärbte Gesteinsmasse. Durch die Behandlung mit Salzsäure zieht sich Magneteisen, Spatheisenstein und kohlensaurer Kalk aus; diese Stoffe finden sich in der salzsauren Lösung, und es sind gerade diejenigen, welche den Trachyten fehlen. Dagegen werden die Eisenoxydulsilicate Augit und Hornblende nicht angegriffen und man erkennt, theils mit freiem Auge, theils mit der Lupe, sehr deutlich die schwarzen in weissem Feldspath eingebetteten Augite. Es wurden dieser künstlichen Trachytisirung eine grosse Anzahl Basalt und Dolerite ausgesetzt und dadurch häufig solche Produkte erhalten, die man äusserlich nicht von ächten Trachyten unterscheiden konnte, die aber mit dem Hammer aufgeschlagen innen noch einen Kern von Basalt enthielten, welcher ihren Ursprung anzeigte. Auch fanden sich natürliche Trachyte, welche noch Einschlüsse von Basalten enthielten. In wiefern sich diese Gesteine nach vorherigem Schmelzen anders zu Säuren verhalten, ist an einer andern Stelle entwickelt. Demnach erscheint der poröse Zustand der Trachyte als ein nachher entstandener und nicht ursprünglicher. Eine grosse Unterstützung findet diese Ansicht in dem Umstande, dass die Trachyte ebenfalls in Säulenform vorkommen, wie auf der Wolkenburg, dem Weilberg, dem Stenzelberg, dem Vulkan Arequipa und sonst noch an vielen Orten. Alle Trachyte haben ein geringeres specifisches Gewicht als die Basalte, wie ganz natürlich. Nach Naumann ist das mittlere spec. Gew. derselben 2,68; ich fand Wolkenburg 2,67; aber

sie gehen auch noch unter 2,6, wenn die Hornblende oder der Augit mehr zurücktritt.

Durch die verschiedenen Ausziehungsproben mit Schwarzsteinen wurden häufig Producte erhalten, die mit andern Gesteinen die grösste Aehnlichkeit hatten, besonders, wenn das Korn des Basaltes sehr fein war, und dadurch erklärt sich die Bildung mancher Gesteine, die man keiner der bekannten Kategorien einreihen konnte. Durch Trachytisirung des Stakfelser Melaphyrs wurde ein feinkörniges gelbliches Gestein erhalten, was mit einem andern Gestein von Landstuhl die grösste Aehnlichkeit hatte. In der Natur ist die ausziehende Substanz nichts anderes als Kohlensäure, während zu künstlichen Versuchen damit keine Zeit genügen würde, die man anwenden könnte.

Der eigentliche Basalt mit seiner vollständig gleichartig erscheinenden Grundmasse wird auf Island sehr häufig angetroffen. Während anderwärts der Olivin für einen fast nie fehlenden, beinahe charakteristisch zu nennenden Bestandtheil gilt, sind in Island nach Zirkel (Reise S. 292) sowohl die Basalte als Anamesite nahezu stets olivinfrei. Wo der Olivin erscheint, geschieht es meist nur in bestimmten Schichten, in denen es dann auch in übergrosser Menge vorkommt. Im Seitenthale am Berge Baula ist der Olivin so häufig, dass die Anamesitgrundmasse fast ganz verschwindet. Es deutet dies schichtenförmige Vorkommen an, dass zu einer gewissen Zeit die basaltbildende Flüssigkeit besonders viel Bittererde enthalten habe, und es liegt gar nicht weit ab unter Umständen ein reines Olivingestein zu finden, wie dies schon in obigem Anamesit angedeutet ist. Es bedeutet übrigens der überflüssige Namen Anamesit nichts anderes, als eine Mittelstufe (ἀνάμεσος) in der Feinheit des Korns zwischen dem grobkörnigen Dolerit und dem sehr feinkörnigen Basalt. Die Unbestimmtheit dieses Kennzeichens liegt auf der Hand. Das Fehlen des Olivins bemerkte auch schon Baral bei den Basalten des Velay und Vivarais, und in gleicher Weise fehlt er auch in vielen deutschen Basalten. Reuss hat beobachtet, dass in Böhmen der Olivin nur den dichten schwarzblauen Basalten zukomme.

In gleicher Weise ist auch die Gegenwart des Sanidins im Trachyt nicht unentbehrlich, und es kommen im Siebengebirge die meisten Trachyte ohne grössere Sanidine vor, weshalb man auch den sanidinhaltigen Trachyt als Drachenfelser bezeichnet hat. Daraus erklärt sich, dass im Trachyt die Abwesenheit des Olivins nicht seine Abstammung vom ächten Basalt oder andern Schwarzsteinen ausschliesst. Allgemein betrachtet kann ein unwesentlicher und zufälliger Bestandtheil niemals ein Kriterium für die Selbstständigkeit einer Felsart abgeben. Mit dem Namen Trachydolerit hat man in Island gewisse Gesteine bezeichnet, die eine Mittelstufe zwischen Basalten und Trachyten bilden sollen. Die Sonderung der Bestandtheile ist so grob, dass die schwarzen Mineralien des Basaltes in dem weissen Feldspathe schon dem freien Auge erscheinen.

Die isländischen Trachydolerite oder Bunsen's normal-trachytische Gesteine enthalten alle viel freien Quarz, natürlich in unbestimmten Verhältnissen, da es blos mechanische Aggregate sind. Schon das blose Ansehen gibt sie als natürliche ungeschmolzene Gesteine zu erkennen. Ein schwarzes mit allen Regenbogenfarben schillerndes Mineral (Eisenglanz?) liegt in der vollständig weissen Masse eingebettet. Das spec. Gew. eines groben Pulvers des Trachyts vom Hafnarfjordur, welches mir von Herrn Dr. Preyer übergeben war, zeigte sich = 3,128, also sehr hoch. Behandelt man den ganzen Stein oder auch sein grobes Pulver ohne Luftzutritt mit Salzsäure, so löst sich sogleich reichliches Eisenchlorid auf. Das Gestein erscheint nach dem Auswaschen und Trocknen stark entfärbt, enthält aber noch schwarze Punkte, Augite. In den Bunsen'schen Analysen (Pogg. 83, S. 201 u. 204) ist das Eisen immer als Oxydul aufgeführt, und die Analysen kommen genau auf 100 heraus, ein Umstand, den ich mir nicht erklären kann, da doch ein grosser Theil des Eisen als Oxyd darin enthalten und abgewogen war. Jedenfalls zeigt das hohe spec. Gewicht und das freie Eisenoxyd neben überschüssiger Kieselerde liegend, dass das Gestein nicht geschmolzen war. Wenn es wirklich geschmolzen wurde, so erschien die Lava, wie beim Krafla, nach den Worten von Preyer und Zirkel (S. 187) „kohlschwarz", indem sich nun die Oxyde des Eisens mit der Kieselerde und dem Feldspath durch Schmelzen vereinigten und auch nachher nicht wieder schieden. Der Trachydolerit von Hafnarfjordur enthält ausserdem 8,98 % Hohlräume vom ganzen Umfang des Gesteins und bewährt sich dadurch als einen ächten Trachyt. Die von Zirkel beobachtete Abnahme des spec. Gewichtes von den Basalten an bis zu den feldspathreichsten Trachyten gilt hier nur für ungeschmolzene Gesteine, weshalb man aus den Zahlenangaben auf S. 290 der Reisebeschreibung keine sichere Schlüsse machen kann, weil hier natürliche und geschmolzene Gesteine, wie bis dahin üblich, immer durcheinander gehen. So erscheint die Lava von Almannagja mit 3,052 und gleich darunter der Basalt von der Esja mit 3,027. Man muss diese Lava für einen natürlichen ungeschmolzenen Basalt halten, da keine Laven von einem so hohen spec. Gewicht bekannt sind. Es dürfen aber Laven nach unserm heutigen Standpunkt nicht mit natürlichen Silicaten verwechselt werden, da die erstern aus den letztern durch Schmelzung entstanden sind. Die quarzführenden Trachyte von Eskifjordur mit 2,638, von der Baula mit 2,572, von Arnarhnipa mit 2,560 sind ungeschmolzene Gesteine und der Obsidian von Hrafntinnurhyggur mit 2,420 ist offenbar geschmolzen; dagegen kann der quarzführende Trachyt von der Esja unmöglich das spec. Gew. 2,417 haben, wenn er nicht schon im Feuer gewesen ist, da dieses spec. Gewicht unter dem des Quarzes und des Feldspathes liegt, aber nicht unter demjenigen, was sie durch langes Glühen ohne zu schmelzen annehmen können.

Der Krahlit, ein in obigem Obsidian von Hrafntinnabruggr (offen-

bar derselbe Ort ungeachtet der verschiedenen Schreibart) vorkommendes kugeliges Mineral mit concentrisch strahligem Bruche zeigt nach Berzelius (Jahresbericht, Bd. 23, S. 262), das spec. Gewicht 2,389 mit obigem sehr gut stimmend und ich fand den Obsidian vom Mückensee, den mir Herr Dr. Preyer gegeben hatte, zu 2,379; dagegen der Baulit, „ein weisses körniges Mineral, gemengt mit Quarzkrystallen und einem in Nadeln angeschossenen schwarzen in Salzsäure löslichen Mineral" das spec. Gewicht 2,623, mit einer Zusammensetzung, welche mit Bunsen's Nr. 2 (Pogg. 83,201) ganz übereinstimmt. Er ist offenbar ungeschmolzen.

Die Verwechslung von Lava und Trachyt war bei der alten Schule ganz unverfänglich, da man beide für identisch erklärte (Naumann). Aus diesem Grunde ist eine Doleritanalyse ohne Angabe des spec. Gewichtes jetzt ohne allen Werth für die Genese des Gesteins.

Der Trachyt vom Baulaberg in Island ist auf das genaueste bekannt durch die gelungene Ersteigung dieses steilen Kegels von 4000 Fuss Höhe durch Preyer und Zirkel (S. 117) und durch die schon frühere Analyse von Bunsen.

Die Trachytsäulen sind drei- bis neunseitig und von der schönsten regelmässigsten Form. Die Bruchstücke messen oft 9 Fuss in der Länge und 1 Fuss im Durchmesser und sinken auf Fingerdicke zu den zierlichsten Gestalten herab. Die Ersteigung dieses mit 38 bis 40 Grad ansteigenden Kegels gehörte zu den schwierigsten und gefahrvollsten, wegen der lose angehäuften und unter dem Fusse fortrollenden Steinblöcke. Nach Bunsen (Pogg. 83,199) bildet der Trachyt der Baula ein weisses oft ins Gelbliche und Bläuliche spielendes, rauh anzufühlendes, mittelkörniges Gestein, mit vielen unregelmässigen kleinen Höhlungen. Die Porosität des Gesteins wird auch von Zirkel (S. 314) bestätigt. Die Analyse ergab: SiO_2 75,91 %, Al_2O_3 11,49 %, FeO (?) 2,13 %, CaO 1,56 %, MgO 0,76 %, KO 5,64 %, NaO 2,51 %.

Das spec. Gewicht ist 3.

Aus allen diesen Thatsachen folgt, dass der Baulakegel ein ursprüngliches vom Feuer nicht berührtes Gestein ist und zwar wegen seines hohen spec. Gewichtes, wegen des Gehaltes von freiem Eisenoxyd, welches sich durch verdünnte Salzsäure ausziehen lässt; ferner dass er ursprünglich ein schwarzes, Eisenspath und Magneteisen haltiges Gestein war, weil er in Säulen gespalten ist und weil er Hohlräume enthält. Die Kegelform hat er durch die Verwitterung und das Abbrechen der seitlichen Säulen angenommen, welche in so ungeheurer Menge die Abhänge und die Thäler erfüllen. Sein hoher Kieselgehalt von 75,91 % beweist, dass er nach Ausziehung des Magneteisens einen stark quarzführenden Trachyt vorstellt, und durch Schmelzen würde er einen Bimsstein von derselben Zusammensetzung aber ohne freien Quarz geben. Beachtet man den Umstand, dass die gelehrten Reisenden in Island alle der plutonistischen Ansicht huldigten und demgemäss immer Trachyt

und Basalt mit Laven verwechselten, so kommt man zu der Ansicht, dass selbst in Island die ächten Feuergebilde nur einen kleinen Antheil von dem ganzen Lande ausmachen und zwar vorzugsweise im südlichen Theile der Insel.

Dass der Krablit und Baulit keine eigene Feldspathspecies sei, welcher nach Forchhammer ein 4½ Silicat, nach Genth sogar ein 6 Silicat sein soll, ist von Zirkel (Pr. u. Z. S. 323) genügend nachgewiesen und richtig erklärt worden. Es ist nur ein stark quarzführender Trachyt mit 80 % Kieselerde, also ein Gemenge von Quarz, Feldspath und einem Eisensilicat. Die gleichzeitige Ausscheidung von Quarz aus einem basischen Silicat (Labrador?) ist selbst für den Plutonisten (Pr. u. Z. S. 323) räthselhaft, was leicht einzusehen ist, da sie niemals statt gefunden hat; nach einer andern Ansicht aber nicht räthselhafter als die Bildung von reinem Bergkrystall, und so können wir von dem „hydatopyrogenen Process" Daubrée's, welcher (l. c. S. 329) als der Schlüssel des Räthsels gerühmt wird, gänzlich Abstand nehmen.

Ueber die Entstehung des Basaltes.

Nach allem bisher Vorgetragenen kann der Basalt keine andere Entstehungsart haben, als alle andere Silicate mit verdichteter Kieselerde. Der niemals fehlende Gehalt an Kalk, Bittererde, Eisenoxydul und häufig Phosphorsäure gibt eine Andeutung, dass seine Bildung, wegen des Eisenoxyduls, später als das Auftreten der Pflanzenwelt auf der Erde erfolgt sei, da man sonst eine Reduction des Eisenoxydes nicht erklären kann; Kalk, Bittererde und Phosphorsäure können von Kalkgebirgen abstammen. Wir schweben in der Unsicherheit, ob wir den Basalt als durch blose Infiltration kieselhaltiger Flüssigkeiten mit Thonerde in Kalkgebirge entstanden ansehen müssen, oder ob sich auch unter Umständen sämmtliche Bestandtheile in Lösung gefunden haben und als Ganzes angebildet haben. Für die letztere Ansicht sprechen die Basaltgänge in andern Gesteinen, für die erstere die häufig horizontale lagerförmige Erstreckung der Basalte, und der oft noch bedeutende Rest von kohlensaurem Kalk in Schwarzsteinen. Da sich diese beiden Bildungen nicht ausschliessen oder widersprechen, so dürften sie, wie beim reinen Feldspath, wohl beide als möglich anzusehen sein. Im Ganzen aber würde die Bildung des Basaltes in höhere Erdschichten zn liegen kommen, wo die Mitwirkung organischer Körper möglich ist um die Reduction

des Eisenoxydes zu bewirken und dafür sprechen auch alle Beobachtungen, welche dem Basalte eine höhere Lagerung und spätere Bildung zuschreiben. Doch gibt es auch hier keine bestimmte Zeit der Bildung, sondern sie muss zu allen Zeiten stattgefunden haben und noch vor sich gehen.

Die Anhänger der feurigen Entstehung des Basaltes haben einen grossen Werth auf die schmale Zapfen oder Stiele der Basaltausbrüche gelegt, indem sie diese als den Kanal ansehen, durch welche die schmelzflüssige Basaltmasse ausgetreten sei. Da man aber weiss, dass sich der Basalt in sehr dünnen Gängen durch andere Gebirgsarten eindrängt, und dass er sich horizontal zwischen zwei verschiedenen Gesteinsarten lagerförmig ausbreitet, so ist mit diesem Stiele allein noch nichts bewiesen, da er eben so gut und eben so nothwendig auf nassem Wege entstehen kann. Es bliebe alsdann zu beweisen, dass ein solcher Zapfen wirklich feurig flüssig gewesen wäre, dass er kein Wasser, keine Kohlensäure, kein Magneteisen, kein hohes specifisches Gewicht besässe und dennoch die überstehende Basaltkuppe gemeiner ächter Basalt mit allen Zeichen desselben sei.

Im Kosmos (I, 270) werden 3 solcher Vorkommnisse aufgeführt: in der Pflasterkante bei Marksuhl, 2 Meilen von Eisenach, in der blauen Kuppe bei Eschwege am Werraufer, und am Druidenstein auf dem Hollerterzug bei Siegen. Von keinem derselben ist die feurige Entstehung nachgewiesen, vielmehr geht aus der ganzen Beschreibung der in Säulen gespaltenen Kuppen und dem Mangel jeder vulkanischen Veränderung aufs bestimmteste hervor, dass auch diese Vorkommnisse keine Ausnahme von der gewöhnlichen Bildung des Basaltes machen. Wenn die basaltbildende Flüssigkeit durch einen Bruch der überlagernden Schicht in eine höher gelegene horizontale Scheidungsfläche eintreten konnte, so musste sich auch hier in lagerförmiger Ausbreitung eine dichte Basaltbildung einstellen, und während dieser Zeit die Gangspalte durch Ansetzen von Basalt erweitern. Die spätere Umformung des Lagers in eine Kuppe ist Sache der Verwitterung und des Abbrechens der Säulen von der Seite, so dass sich ein solcher Basaltchampignon eben so gut auf nassem Wege als auf trocknem erklären lässt, nur mit dem Unterschiede, dass für die nasse Bildung alle andern Zeichen sprechen.

Ursprünglich muss der Basalt dicht gewesen sein ohne Säulenform und dann im Laufe der Zeit, beim Gelangen in höhere Lagen, die Magneteisenbildung durch Cementation von aussen nach innen statt gefunden haben. Bei der dadurch bewirkten Contraction musste in einer gewissen Zeit die Spaltung in Säulenform, und sehr möglich mit einem lokalen Erdbeben, in einem Augenblicke eintreten.

Aber auch selbst das Hervorquellen des geschmolzenen Basaltes musste der älteren Schule grosse Schwierigkeiten machen, da eine mehrere hundert Fuss hohe Kuppe einer noch im Stiel flüssigen Masse nicht

stehen bleiben konnte, sondern flach auslaufen musste. Nun werden von den Laven der Feuerberge Fälle angeführt, dass sie noch nach Jahren unter einer dünnen Kruste glühend heiss und zähflüssig gewesen wären, und es ist constatirt, dass eine fliessende Lava auf einer Ebene von 5 Grad Steigung schon in einzelne Stücke abreisst, und auf höchstens 3 Grad Steigung zusammenhängend fliessen kann. Wie sollten nun die oft mehrere hundert Fuss hervorragenden Basaltkuppen ihre Stellung behalten haben, wenn sie noch im Stiele flüssig waren, was sie sein mussten, wenn sie „eruptiv" hervorbrachen? Die Basalte sind alle tief in der Erde durch langsames Anwachsen entstanden und mit dem ganzen Lande gehoben worden, und haben sich durch ihre Dichtigkeit und Wetterbeständigkeit erhalten, während das überlagernde weichere Gestein durch Verwitterung und Erosion abgeführt wurde. Bei ihrer säulenförmigen Absonderung brachen die seitlich ihrer Widerlage beraubten und durch eindringenden Frost abgedrückten Säulen ins Thal ab und bilden überall einen weiten Zerstreuungskreis, oft unter dem Detritus der Gebirge, der sich im Thale ansammelt. So entstanden die Kuppen. Hunderte von Basaltmassen haben das Tageslicht noch nicht erblickt. Wir kennen nur die durch Erosion blosgelegten, und diese liegen oft jetzt noch tief unter dem Gebirge. In dem Uesthal bei Bertrich sind durch den Bach Basalte entblöst worden, auf denen jetzt noch 700 bis 800 Fuss Thonschiefer aufliegt. Es sind also Vorkommnisse von Basalten vorhanden, welche noch niemals über Tag waren und auch nicht geflossen sein können, dagegen noch kein Vorkommen constatirt, von dem man nicht das Ausgehende als durch Erosion entblöst ansehen kann.

Ueber die Entstehung der Basalte spricht sich Naumann (Geogn. II, 1141) in folgender Weise aus: „An eine neptunische oder sedimentäre Entstehung der Basalte dürften wohl heut zu Tage nur noch wenige Naturforscher glauben; die Geologen haben sich fast einstimmig für die plutonische und eruptive Bildung desselben entschieden; und auch die Meinung, dass ihnen das Material durch Schmelzung von Graniten, Amphiboliten, Grauwacken und andern präexistirenden Gesteinen geliefert worden sei, dürfte wohl ziemlich allgemein durch die Ansicht verdrängt sein, dass solches Material unmittelbar aus den Tiefen der Erde, aus jenem Abyssus (!) stammt, wo sich noch Alles in feurigflüssigem Zustande befindet."

Ich würde allerdings auch nicht den Basalt für sedimentär erklären, aber nasse Bildung oder, wenn man will, neptunische, ist nicht gleichbedeutend mit sedimentär. Die Zahl der Geologen, welche an die eruptive Natur des Basaltes glauben, macht noch keinen Beweis aus, denn sie sind so gelehrt worden, und keiner hat eine neue Stütze für diese Ansicht beigebracht. Wenn man zur Bildung des Basaltes die Amphibolite herbeizieht, so wird man wohl zur Entstehung

dieser die Basalte nothwendig haben, und wie sich diese Massen aus jenem Abyssus gegen das Gesetz der Schwere erheben können, dürfte wohl allen Anhängern der Eruptionslehre unbegreiflich bleiben. Das blose Wort „Abstammen" erklärt es nicht genügend.

Bischof hat in der 2. Aufl. seiner Geologie (III, S. 388) eine von Grandjean herrührende Ansicht über die Entstehung des Basaltes aus Thon adoptirt, wonach der Basalt durch Infiltration von Flüssigkeiten in Thon entstehen soll. Er sagt an dieser Stelle: „Wie die Plutonisten, so müssen auch wir, die Neptunisten, einen plastischen Zustand des Thones als eine Bedingung seiner säulenförmigen Absonderung voraussetzen. Denselben wässrig-plastischen Zustand setzen wir auch bei der säulenförmigen Absonderung des Basaltes voraus." Auf S. 399 wird dieser Gedanke wieder ausgeführt. Thon ist ein Zersetzungsproduct des Basaltes, aber nicht sein Urstoff. Nirgendwo finden sich solche Massen von Thon, als zur Bildung der ungeheuren Basaltvorkommnisse nöthig wären, und dann ist die Spaltung des Thones in Säulenform lediglich eine Folge der Austrocknung, die wir in den Tiefen, wo die Basaltbildung stattfindet, nicht annehmen können. An vielen Stellen hat man die Verwandlung des Basaltes in Thon, aber noch nirgendwo die umgekehrte wahrgenommen. Es entbehrt deshalb die Ansicht von Bischof oder von Grandjean jeder wissenschaftlichen und faktischen Begründung.

Von der Einwirkung der sog. pyrogenen Gesteine auf Kalk wissen die Plutonisten viel zu sagen, indem sie gleich bereit sind, jede Veränderung der Wirkung der Hitze zuzuschreiben. Alle angeführte Fälle sind so ausserordentlich schlecht untersucht, dass man aus dem Befund kaum einen Schluss ziehen kann. Die dichte, feinkörnige Structur des Kalkes soll in eine krystallinisch-grobkörnige übergegangen sein. Das erklärt sich schon durch blose Infiltration von Wasser. Wenn aber Naumann (Geogn. I, 785) hinzufügt, dass „nicht selten, zumal in der Nähe des Contactes, mancherlei Silicate, bisweilen auch andere Mineralien, darunter Zinkblende, Bleiglanz und andere Schwefelmetalle als accessorische Bestandtheile eintreten, so muss man doch vom Vorurtheil ganz verblendet sein, wenn man hier nicht die Wirkung einer Infiltration erkennen will, denn diese Schwefelmetalle können doch weder vom Kalkstein, noch vom Granit abstammen, und auch nicht durch blose Erhitzung entstanden sein. Die Schriftsteller verrathen wider ihren Willen das, was man als Waffe gegen ihre Meinung gebrauchen kann. Die übrigen angeführten Vorkommnisse ähnlicher Collisionen müssen erst nochmal untersucht werden, ehe man daraus den unbedeutendsten Schluss ziehen kann.

Blum*) fand im körnigen Kalk von Auerbach Granate, welche im

*) Verhandlung des naturhistor. Vereins zu Heidelberg, 8. Febr. 1858. Liebig u. Kopp Jahresber. 1858, S. 740.

Innern Kalkspath enthielten. Hier kann doch offenbar nur von gleichzeitiger Bildung, die auch Blum annimmt, die Rede sein, da die Stoffe zum Granat nicht im körnigen Kalk vorhanden sind.

Ueber die Schwierigkeit der Unterlage haben die Plutonisten keine Sorge. Es kann nämlich kohlensaurer Kalk im Schmelzen Silicate nicht berühren, ohne damit eine Schlacke zu geben. Wir haben hierzu factische Belege in den Schmelzungsversuchen von Klaproth*). Er setzte jedes Mineral einmal in einem Kohlentiegel, und einmal in einem Thontiegel der stärksten Hitze des Porcellanofens aus. Braunspath war im Kohlentiegel in schwarzbraune, rissige Stücke ohne Schmelzung zerfallen, im Thontiegel, also in Berührung mit Feldspath, zu einem dichtgeflossenen, dunkelbraunen, in Splittern durchsichtigem Glase geschmolzen; Marmor war im Kohlentiegel causticirt, im Thontiegel zu einem dichtgeflossenen, klaren, harten, hellgrasgrünem Glase geschmolzen; Strontianit und Witherit waren ebenfalls im Kohlentiegel starr geblieben und causticirt, im Thontiegel aber zu hellgrasgrünem Glase geschmolzen. Es ist also klar, dass hier die Erden mit der Substanz des Tiegels zusammengeschmolzen waren.

Ueber die säulenförmige Absonderung des Basaltes.

In den meisten Fällen, obgleich nicht in allen, zeigen die Basalte die bekannte säulenförmige Absonderung. Weder die Winkel noch die Zahl der Seiten haben ein bestimmtes Gesetz, und es ist vor allem klar, dass die Säulen keine eigentliche Krystalle sind. Dies wäre bei einem so ungleichartigen Körper, in welchem man durch das Mikroskop bei feinem Schliffe die verschiedenen Bestandtheile erkennen kann, ganz unbegreiflich. Vielmehr ist es klar, dass die Absonderungsspalten ganz ohne alle Beziehungen zu dem Inhalt der Säule in einem sehr gleichmässigen Gesteine auftreten. Ueber die Erklärung dieser Erscheinung war die ältere plutonistische Schule in keiner Verlegenheit, indem sie das Reissen einfach aus der Erkaltung und Zusammenziehung der feuerflüssigen Masse ableitete. Nachdem aber die neueren Untersuchungen nachgewiesen haben, dass der Basalt aus vielen Gründen nicht geschmolzen gewesen

*) Beiträge I. S. 12, 21, 31 u. 36.

sein könne; dass er die allermeisten Zeichen seiner nassen Entstehung und seines Freigebliebenseins von aller feurigen Einwirkung an sich trage, konnte jene Erklärung nicht mehr Stich halten. Auch war es schon für die ältere Schule unmöglich zu beweisen, warum nicht Granit, Gneiss, Syenit, denen sie eine gleiche Entstehung zuschreibt, ebenfalls in der Säulenform auftreten. Wenn nun der Basalt in der That nassen Ursprungs ist, so muss für denselben eine besondere Ursache vorhanden sein, welche die Erscheinung bewirkte. Ich richte hier die Aufmerksamkeit auf eine Erfahrung, die bei geologischen Studien sich mehrfach mir ergeben hat.

Wenn man eine Erscheinung nicht erklären kann, so darf man dadurch nicht veranlasst werden, andere, aus ganz andern Gründen feststehende Thatsachen aufzugeben. Die nasse Entstehung des Basaltes war mir aus den bekannten Zeichen eine feststehende Thatsache; dagegen konnte ich über die Säulenform des Basaltes keine Rechenschaft geben. Dieser letztere Umstand dürfte mich veranlassen, die feststehende Ansicht über die Entstehung des Basaltes aufzugeben. Als es mir aber gelang, eine Ursache der Säulenform zu entdecken, so fand sich darin eine Bestätigung aller vorherigen Annahmen, und es ergaben sich noch neue Resultate, die zuerst gar nicht in Aussicht lagen.

Die Säulenform des Basaltes rührt offenbar von einer Raumverminderung her. Als Belege dieser Thatsache werden allgemein das gleiche Abreissen in Säulchen bei der nassen Stärke, bei nassem Thon und bei geschmolzenen Schlacken und Laven angenommen. Die Beweisführung von den Laven und Schlacken war die ältere Schule bereit anzuerkennen, während ihr das gleiche Verhalten bei Stärke und Thon weniger bequem war. Aus den 3 angezogenen Fällen können wir aber nichts entnehmen, als dass eine Raumverminderung stattgefunden hat, dagegen aus ganz verschiedenen Gründen: bei der Lava und den Schlacken durch bloses Zusammenziehen beim Erkalten, bei Thon und Stärke durch den Verlust von Wasser. Sowie wir hier schon zwei ganz verschiedene Ursachen haben, so tritt uns beim Basalt noch eine dritte entgegen. Es ist allgemein bekannt, dass jeder Basalt Magneteisen enthält, und dass viele Basalte noch Spatheisenstein enthalten. Es ist schon oben erklärt und bewiesen worden, dass der Gehalt der Basalte an kohlensaurem Kalke und Eisenoxydul ein ursprünglicher, bei der Bildung selbst aufgenommener sei. Wenn es nun Basalte gibt, welche noch Magneteisen und Spatheisenstein, und andere, welche nur noch Magneteisen enthalten, so erscheint es sehr natürlich, dass der Basalt ursprünglich nur kohlensaures Eisenoxydul enthalten habe, und dass dieses im Laufe der Zeit sich in Magneteisen umgesetzt habe, eine Verwandlung, die zu den gewöhnlichsten gehört, und die keines Beweises bedarf.

Erwägen wir nun, was dies für Folgen für das Gestein haben müsse.

Das kohlensaure Eisenoxydul hat das spec. Gewicht 3,8, und das Magneteisen nach Leonhard 5,09, nach Quenstedt das reinste 5,18.

Der Uebergang des Spatheisens in Magneteisen ist einer der gewöhnlichsten und findet durch Austreten von Kohlensäure und Aufnahme von Sauerstoff statt. 3 At. kohlensaures Eisenoxydul ($3 \times 58 = 174$) geben 1 At. Magneteisen $Fe_3O_4 = 116$.

Es entstehen also aus 174 Spatheisen nur 116 Magneteisen. Das Volum dieser Körper findet man, wenn man die absoluten Gewichte durch die specifischen dividirt; demnach ist das Volum des ursprünglichen Spatheisens $= \frac{174}{3,8} = 45,8$, und das Volum des daraus entstandenen Magneteisens ist $\frac{116}{5,18} = 22,4$. Es beträgt demnach das Volum des Magneteisens noch etwas weniger, als die Hälfte des Spatheisens, woraus es entstanden ist. Ist nun das Spatheisen gleichmässig im ursprünglichen Basalte vertheilt, so muss es auch das Magneteisen sein, und würde daraus eine Contraktion des Volums um die Hälfte des Volums des Spatheisensteins stattfinden. Es hängt nun von der Lagerung des Basaltes ab, ob er dieser Contraction nachgeben kann. Wäre seine Masse hoch und kugelig, so ist ersichtlich, dass es sich, ohne in Säulenform zu zerreissen, zusammenziehen, und nur einzelne grössere und unregelmässige Spaltungsflächen annehmen könnte. Ist aber der Basalt lagerförmig weit ausgedehnt, so ist der Widerstand seiner Masse an der Unterlage, die von seinem eignen Gewichte und dem der darüber liegenden Erdschichten abhängt, und sein Zusammenhang mit den darauf liegenden und keiner Contraction unterworfenen Gesteinsschichten so gross, dass er sich nicht nach der Mitte als Ganzes zusammenziehen kann. Es muss alsdann erst eine zunehmende Spannung des Basaltgesteines eintreten, und wenn diese Spannung die Grösse der eignen Cohäsion übertrifft, so muss er sich spalten. Bei dem gleichmässigen Korne des Basaltes muss diese Spaltung eine regelmässige werden, und so tritt die sechsseitige Säule als die einfachste und in der That auch am häufigsten vorkommende Spaltungsform uns entgegen. Es folgt zugleich daraus, dass die Richtung der Säulen senkrecht auf der grössten Cohäsion des Basaltes mit seinen Nebengesteinen stattfinden müsse, und da die Ausdehnung des Basaltes in der überwiegenden Zahl der Fälle horizontal ist, so müssen in eben so vielen Fällen die Säulen aufrecht stehen. Umgekehrt müssen in einem senkrecht aufstehenden Basaltgang die Säulen horizontal liegen. Bei einer horizontalen Ausbreitung des Basaltes ist die grösste Adhäsion desselben an die Nebengesteine oben und unten, dagegen die geringste Cohäsion des Basaltes selbst in der dünnsten Richtung desselben von unten nach oben, und da der geringste Widerstand zuerst nachgeben wird, so werden die Spaltungsflächen senkrecht stehen. Der Zusammenziehung des Basaltes von unten nach oben

kömmt das Gewicht des Basaltes selbst und der überlagernden Erdschichten zu Hülfe. Es werden also unter der Annahme grosser, horizontaler Ausbreitung keine horizontale Spaltungsflächen und Säulen entstehen. Ebenso folgt, dass die grössten Basaltvorkommnisse von horizontaler Erstreckung am deutlichsten in senkrechte Säulen gespalten sein müssen, und dies wird durch die Thatsachen bestätigt. Der Riesendamm in Irland, die Fingalshöhle auf Staffa, die Erpeler Ley, der Dattenberg und Minderberg sind solche grössere Ablagerungen, welche die schönsten und deutlichsten Säulen zeigen, wogegen die kleine Kuppe des Stephanshügels bei Limburg, die Landskrone und viele kleinere Vorkommnisse von Basalt nur eine unregelmässige Spaltung in Blöcke zeigen. Die Basaltgänge haben viel seltener Veranlassung, sich säulenförmig zu spalten, denn wenn sich ihre ursprüngliche Gesteinmasse zusammenzieht, so kann sie sich von beiden Seiten des Nebengesteins lostrennen, da keines derselben durch Druck auf den Basalt wirkt, und weil der Druck der im Gang senkrecht stehenden Basaltmasse der horizontalen Spaltung entgegenwirkt. Es finden sich deshalb viele Basaltgänge ohne diese säulenförmige Absonderung, weil die Basaltmasse der Contraction in senkrechter Richtung nachgeben konnte. Gleichwohl finden sich auch solche Fälle vor, wo die Gangmasse senkrecht auf die Gangrichtung in Säulen gespalten ist. In v. Dechen's Führer in das Siebengebirge (S. 202) wird von einem einige Fuss mächtigen Basaltgang berichtet, dass „dieser Basalt winkelrecht gegen die Saalbänder abgesondert“ sei. Von einem $1\frac{1}{2}$ Fuss mächtigen Basaltgange zwischen Rolandseck und Oberwinter wird mitgetheilt (S. 203), dass „an beiden Rändern einige Schalen der Gangfläche parallel abgesondert sind, nach der Mitte aber sich Klüfte finden, welche winkelrecht gegen den Gang stehen, der aus dichtem, festem Basalt besteht. S. 204 wird von einem andern Basaltgang an der Casseler Ley mitgetheilt, dass „der Basalt zunächst parallel plattenförmig abgesondert ist, dann aber Säulen folgen, welche winkelrecht gegen die Platten stehen und höher hinauf sich umbiegen, und radial von einem Mittelpunkte auslaufen, und daher auch stellenweise horizontal laufen.“ Ein noch bedeutsameres Auftreten der Spaltung ist durch Krug v. Nidda an isländischen Basalten beobachtet und von Preyer und Zirkel (Reise nach Island, S. 129 und 302) bestätigt worden. „In den Gängen liegen, wie dies an unzähligen Stellen zu bemerken ist, die Säulen oft mit grosser Regelmässigkeit wie Holzscheite übereinander. In der Wildniss Holtavörduheidi, unweit des Ufers der Hrutafjardara ist eine 150 Fuss hohe senkrechte Felswand in die regelmässigsten, bienenzellenartigen fünf- und sechseckigen Figuren getheilt: die Wand bildet die Begränzungsfläche eines Basaltganges; nachdem das den Gang umgebende Tuffgebirge an der einen Seite weggewaschen ist, kommen die Köpfe der horizontalliegenden Säulen zum Vorschein. An einigen Gängen ist die Erschei-

nung wahrzunehmen, dass an der Stelle, wo der Gang sich umbiegt und seine Masse sich zum horizontalen Lager ausbreitet, die Säulen mit einer vollkommen radienartigen Stellung der Curve des Ganges folgend, aus der horizontalen Lage in die verticale übergehen."

Diese Beobachtung stimmt also ganz mit den oben vom Siebengebirge mitgetheilten.

„Ferner ist an zahlreichen Gängen zu beobachten, wie dies auch schon Krug von Nidda angeführt hat, dass dieselben meist aus zwei neben einander liegenden Säulenreihen bestehen, welche von den beiden Saalbändern aus, von denen die Erkaltung (!) ausging, nach dem Innern des Ganges zulaufen und sich in der Mitte treffen; hier erscheint eine leere, schmale Kluft, auf deren beiden Seiten die Säulen nicht mit einander correspondiren."

Dieser Thatbestand ist im höchsten Grade sprechend, wenn auch die Erklärung, dass dies durch Erkaltung geschehen sei, jetzt nicht mehr anzunehmen ist. Der Basaltgang hat sich in jeder Richtung, horizontal und vertical, zusammengezogen. Die Spaltung ging von den Saalbändern aus, weil hier das Hinderniss der Längen-Zusammenziehung war; in der Mitte, wo die Säulen unregelmässig zusammentrafen, hatte nur mehr ein kleinerer Riss aus der einen Säule in die andere einzuspringen, um auch der Zusammenziehung in horizontaler Richtung gerecht zu werden, und so entstand die mittlere, schmale Kluft. Durch Erkaltung würde genau dieselbe Erscheinung haben eintreten müssen, wenn dies beim Basalt zulässig wäre, und dies ist einer der Fälle, wo die Geologen gewöhnlich den Einwurf machen, dass man „die Lagerungsverhältnisse nicht gehörig beachte." Diese entscheiden nur dafür, dass eine Contraction in zwei Richtungen stattgefunden habe, aber nicht über die Ursache der Contraction. Die Untersuchungen über die Natur der Silicate haben gegen die Erkaltung gesprochen, und die neuaufgestellte Ansicht über die Wirkung des Spatheisens durch seine Verwandlung in Magneteisen haben eine wirkliche Ursache nachgewiesen. Es geht aber noch eine andere wichtige Thatsache aus diesem Verhalten hervor: dass nämlich das kohlensaure Eisenoxydul ursprünglich mit zu den Bestandtheilen des Basaltes gehört, und nicht, wie Bischof meint, aus der Zersetzung von Augit entstanden sei. Denn wenn es nicht in der Basaltmasse enthalten war, so konnte diese sich nicht in Säulen spalten. Ferner erklärt sich daraus, warum der Trachyt ebenfalls in säulenförmiger Spaltung vorkommt, da er aus Basalt durch Auslaugung von Magneteisen entstanden ist. Auf dem grossen Weilberge im Siebengebirge kommen dicht neben einander gleichdicke Säulen von Basalt und Trachyt vor; weil aber nicht aller Basalt in säulenförmiger Absonderung vorkommt, so ist auch nicht aller Trachyt so geordnet.

Zirkel bespricht S. 303 die Erscheinung, dass Basaltgänge an der Berührungsfläche des Ganges mit dem Nebengestein eine Glaskruste von

schwarzglänzender Farbe zeigen, welche nach innen erst in die eigentliche Gesteinsmasse übergehe, und erklärt diese Fläche für das, was bei dem kieselsäurereichern Trachyt der Obsidian sei, eine Folge der raschen Erkaltung. Diese durch Salzsäure vollständig zersetzt werdende glasartige Schichte, die auch den Namen Tachylyt (schnell lösbar) erhalten hat, findet sich in Island nicht überall, sondern selten, und anderswo fast gar nicht; wenigstens zeigen die zahlreichen Basaltgänge im Siebengebirge und den rheinischen Gegenden nichts der Art. Wenn die Erklärung richtig wäre, so dürfte kein Basaltgang dieser Erscheinung entbehren; dagegen kann an den betr. Stellen eine örtliche Erhitzung und Schmelzung einer dünnen Schichte durch den Vorgang der Abreissung und die dabei stattfindende Reibung stattgefunden haben, die an andern Stellen, wo die Abreissung langsam und allmälig stattfand, fehlt. Wenn aber der mittlere Theil des Basaltganges noch freies Magneteisen enthält, so ist dies schon hinreichend, die Schmelzung auszuschliessen. Auch hat der Tachylyt das spec. Gew. 2,714 gegen den natürlichen Basalt mit 2,9, was mit grosser Sicherheit die Schmelzung anzeigt.

Die kugelförmige Absonderung des Basaltes, welche sich in Island, im Siebengebirge, an der Wolkenburg, dem Stenzelberge und anderweitig häufig findet, muss bei der ersten Bildung des Basaltes durch Anwachsen um ein Centrum nach Art des Wachsens der Feuersteine in der Kreide stattgefunden haben, denn sie hat keinen Zusammenhang mit der Säulenform. Nach Zirkel (S. 304) haben die flachen Calotten des Basaltes auf Island eine Beugung, dass, wenn man einige gemessene als die äussersten der Kugel betrachtet, ein Durchmesser von mehr als 20 Fuss herauskommt. Eine solche Kugel muss durch sehr viele Säulen hindurchgegangen sein. Die polemische Bemerkung Zirkels (S. 304) gegen die „Ultraneptunisten" findet dadurch ihre Erledigung, dass die Unterschiede von natürlichen und geschmolzenen Silicaten, die Bedeutung des spec. Gewichtes und der Gegenwart von Magneteisen ihm damals noch nicht bekannt waren.

Die zweite Absonderung der Basaltsäulen in ungleich lange Stücke durch Querrisse macht keine Schwierigkeit zu erklären. Der Basalt gehört zu den sehr spröden Steinen und verträgt keine grosse äussere Gewalt. Die Prellsteine von Basalt werden durch anstossende Wagenräder fast immer zerbrochen, und mit einem kräftigen Hammerschlag kann man oft leichter eine Säule in zwei Theile trennen, als ein schönes Handstück am Ende losschlagen. Es ist also ganz einleuchtend, dass sich die Säulen auch der Queere nach in Stücke trennen, und nur unter günstigen Verhältnissen lassen sich ganze Stücke von 25 bis 30 Fuss Länge herausnehmen.

Dass die Spaltung des Basaltes nach seiner ersten Bildung stattgefunden habe, geht auch aus dem Umstande hervor, dass nicht selten Einschlüsse durch den Spalt in Stücke getrennt werden. So liegt ein

Stück Basalt vor, worin eine halbverwitterte Olivinmandel mitten durchgespalten ist, so dass die beiden Hälften in zwei verschiedenen Säulen sitzen. Auch Naumann führt ähnliche Vorkommnisse an; die betr. Stelle konnte ich nicht wieder finden. Zuweilen erscheinen auch die beiden Hälften der Mandel um mehrere Zolle verschoben.

Ueber die Menge des in den Basalten enthaltenen Magneteisens lassen uns die von Bischof in seiner Geologie (1. Aufl. II, 694) mitgetheilten Analysen ganz im Unklaren, da sie, bis auf eine einzige, en bloc Analysen sind. Von der Analyse von Sinding (Pogg. 47, 182) des Basaltes von Stolpen ist dort berechnet, dass der Gehalt an Magneteisen 7,69 % betrage. Sinding hatte 4,6991 Grm. Basalt mit Salzsäure behandelt und aus der Lösung das Eisenoxyd mit kohlensaurem Baryt geschieden. Es betrug 0,275 Grm. Berechnet man dies Eisenoxyd auf Magneteisen, so erhält man 0,399 Grm. oder 8,46 % Magneteisen. In allen andern Analysen ist in dem Eisenoxydgehalt auch das Eisen des Augits enthalten und dadurch die Menge des Magneteisens unberechenbar.

Indem ich nach einer Methode, das Magneteisen quantitativ zu bestimmen suchte, fand ich folgende sehr bequeme und sichere.

Octaedrisches sehr reines Magneteisen wurde im Achatmörser fein zerrieben, und davon 0,200 Grm. abgewogen mit Jodkalium und Salzsäure in einem Gläschen, aus welchem die Luft durch Kohlensäure verdrängt war, verschlossen digerirt. Es hatte sich alles Magneteisen gelöst und Jod in Freiheit gesetzt. Die Flüssigkeit wurde stark mit Wasser verdünnt, mit Stärkelösung versetzt und dann mit Zehntel unterschwefligsaurem Natron titrirt. Es wurden davon 17,3 Kubikcentimeter verbraucht. Wenn das Atomgewicht von Fe_3O_4 = 116 ist, so beträgt 1 CC obiger Lösung 0,0116 Grm. Magneteisen. 17,3 mal 0,0116 geben 0,20068 Grm. Magneteisen statt der angewendeten 0,200 Grm., also eine sehr grosse Uebereinstimmung. Zur Controlle wurden 0,400 Grm. Magneteisen behandelt und 34.4 CC unterschwefligsaures Natron verbraucht. Dies berechnet sich auf 34,4 mal 0,0116 = 0,39904 Grm. Magneteisen. Die reducirende Wirkung der hier vorhandenen Jodwasserstoffsäure ist so stark, dass man das Magneteisen mit sehr verdünnter Salzsäure ohne Wärme lösen kann, wobei man sicher ist, kein Eisenoxyd von Augit aufzunehmen. Von einem Basalte, der hier zu Prellsteinen verwendet wird, wurden 5 Grm. so behandelt, und dazu 4,9 CC $\frac{1}{10}$ S_2O_2, NaO verwendet. Diese berechnen sich zu 1,136 % Magneteisen. Bei diesem geringen Gehalte an Magneteisen ist es nicht unwahrscheinlich, dass später, nach der Bildung des Magneteisens, noch ein Theil desselben in Augit übergegangen sei.

Mit einem auffallenden Erfolge wurde diese Bestimmung des Magneteisens an einem Basalte in Anwendung gebracht, der hier häufig als Prellstein verwendet wird. Seine Lagerstelle habe ich noch nicht ge-

funden, obgleich er sicher aus der Umgebung des Siebengebirges abstammt. Diese Säulen zeigen auf dem ganzen Umfange eine viel schwärzere Kruste, als der innere Kern ist, und diese hat bei allen Säulen an jeder Stelle eine Dicke von ¾ Zoll. Ausserdem ist die helle Verwitterungskruste von ½ Linie Dicke ebenfalls vorhanden. Es sind immer dieselben Säulen, welche diese Kruste zeigen, während andere dazwischen stehende durch und durch schwarzblau sind. Die dunkle, äussere Schichte rührt nicht von aufgenommenem Wasser her, weil sie in schwacher Glühhitze nicht verschwindet, und im Regen zu erkennen ist. Es wurden nun Stücke losgeschlagen, und die dicht aneinander stossenden, ungleich gefärbten Theile getrennt, einzeln gepulvert und untersucht. Schon die beiden Pulver hatten ganz ungleiche Farben, das vom innern Theile war hell schieferblau, das vom äussern Theil schwärzlich mit einem Stich ins Braune.

Der innere Theil des Basaltes zeigte	3,088 %	CO_2.
Der äussere „ „ „ „	1,310 %	„
Der innere Theil zeigte	3,132 %	Magneteisen.
Der äussere „ „	5,916 %	„

Man erkennt aus diesen Zahlen deutlich den Uebergang von Spatheisen in Magneteisen. Nach mehrmonatlichem Aufbewahren des Pulvers zeigte sich in beiden Sorten eine Abnahme der Kohlensäure und eine Zunahme des Eisenoxydes, so dass die Stoffwandlung unter den Händen weiter schreitet. Auch muss in den Silicaten selbst eine Veränderung vorgegangen sein, denn mit gleichviel Salzsäure und Wasser gelatinirte der innere Theil zu einer festen Gallerte, und die Säure von dem äussern Theil war noch flüssig geblieben. Wenn wir nun annehmen müssen, dass diese Basaltsäulen ursprünglich eine ganz gleichartige Zusammensetzung gehabt haben, so war der Magneteisengehalt des inneren Antheils die Ursache der Säulenspaltung, und nun fand in dem Spalt durch den Zutritt von Luft die fernere Magneteisenbildung statt und erzeugte die schwarze ¾ Zoll dicke Kruste, an welcher die scharfen Winkel der Säule schon sehr abgerundet erscheinen Mit der Zeit würde die schwarze Farbe zuletzt die ganze Säule ausfüllen, wie auch alle andern Säulen von Basalt gleichförmig bis ins Innere gefärbt sind. Es erscheint uns demnach dieser zweifarbige Basalt als jüngerer Bildung. Dass aber auch der gelatinirende Antheil in beiden Schichten sich geändert hat, zeigte die Behandlung mit Säuren. Man ersieht daraus, dass in dem bereits fertigen Basalte im Innern beständig langsame Veränderungen vor sich gehen, und dass, wenn Eisenoxydul eine Verwendung zu Augit findet, zuletzt auch Basalte hervorgehen können, die kein Magneteisen mehr, oder nur noch Spuren enthalten. Von solchen Stoffwandlungen wird bei einem geschmolzenen Silicate niemals die kleinste Spur wahrgenommen.

Die Basaltanalyse gehört jetzt, wenn Spatheisen und kohlensaurer

Kalk darin ist, zu den allerverwickeltsten. Man hat einzeln zu bestimmen 1) den Gehalt an Wasser; 2) an kohlensaurem Eisenoxydul; 3) an kohlensaurem Kalk; 4) an Magneteisen; 5) an zeolithischem Bestandtheil; 6) an Olivin; 7) an augitischem; 8) an feldspathigem Antheil, und die Methoden dazu sind noch nicht gefunden.

Und so ist es in der That seltsam, dass ich genöthigt war, gerade durch den Basalt hindurch, der am längsten und hartnäckigsten als plutonisches Gestein vertheidigt wurde, der Wahrheit eine Gasse zu hauen.

Umwandlungsgesteine (metamorphische).

Unter metamorphischen Gesteinen versteht man im weitesten Sinne alle, welche nach ihrer ersten Bildung noch eine Stoffwandlung oder Formveränderung erlitten haben. In diesem Sinne dürfte es schwer sein ein Gestein zu finden, welches nicht hierhin gezogen werden könnte. Der Thonschlamm erhärtet zu Thonschiefer, der Sand zu Grauwacke und Sandstein, die Kalkablagerungen gehen durch die Wirkung von Wasser und Kohlensäure in dichte Kalksteine, endlich auch in krystallinische über, die Basalt- und andere Melaphyre gehen durch Verlust von Bestandtheilen in poröse Trachyte, diese durch Schmelzung in Bimsstein über. Der ewige Kreislauf der Erde beruht auf solchen Stoffwandlungen. Aber in diesem allgemeinen Sinne werden die metamorphischen Gesteine nicht aufgefasst, sondern man versteht darunter diejenigen Fälle, wo ein Gestein sichtbar theilweise oder ganz seine Natur verändert hat, in seiner Structur und Lagerung aber noch seinen Ursprung verräth. Die theilweisen Metamorphosen, wo das ursprüngliche Gestein noch zu erkennen war, haben zum Erkennen und Beurtheilen derjenigen Fälle geführt, wo dies nicht mehr der Fall war. In diesem Falle bleibt es oft unsicher, ob man es mit einem ursprünglichen oder durch Stoffwandlung entstandenen zu thun habe. Demnach werden zu diesen Gesteinen vorzugsweise die Glimmerschiefer, Eisenglimmerschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer, Sericit, Schalsteine und andere meist schiefrige Gesteine gerechnet. Alle bestehen aus Glimmer, Chlorit, Talk, Feldspath, Magneteisen, Quarz, welche durch die parallele Anordnung, namentlich der 3 ersteren, eine schiefrige Textur zeigen. Es treten uns hier nun zwei Fragen entgegen: 1) welches sind die ursprünglichen Gesteine und 2) welcher Art sind die Veränderungen, die sie erlitten haben?

Zu den ursprünglichen Gesteinen können wir nur solche heranziehen, die an sich eine bestimmte einfache Entstehungsart haben und die dann schon bis zu einem gewissen Grade ausgebildet sind, und dies sind vorzugsweise: Thonschiefer und Kalkstein. In beiden Fällen nehmen wir auf diejenigen Veränderungen keine Rücksicht, welche das Gestein in seiner eignen natürlichen Metamorphose erleidet, also beim Thonschiefer nicht von seiner Verdichtung, Erhärtung; beim Kalke ebenfalls nicht von seiner Verdichtung, vom Krystallinischwerden, dem Verschwinden der Thierformen u. s. w. Tritt aber ein neuer Stoff hinzu, so dass der Thonschiefer sich theilweise in ein krystallinisches Silicat verwandelt, oder dass der Kalkstein eisenoxydulhaltige Beimengungen (Chlorit, Glaukonit) erhält, die ihm ursprünglich ganz fremd sind, so tritt der Begriff der Metamorphose hinzu. Diese Veränderungen sind ausserordentlich mannigfaltig, und wir kommen zunächst in die Verlegenheit, aus den wenigen Substraten, Thonschiefer und Kalk, diese Mannigfaltigkeit zu erklären. Diese muss nun nothwendig in einer verschiedenen Art der Umwandlung oder im Hinzutreten neuer Stoffe bestehen. Was den Vorgang betrifft, so haben die Geologen bis jetzt nur eine einzige Form desselben, nämlich die Wirkung des Feuers, aufgestellt, und nennen ihn feurige Metamorphose. So erklären sie beispielsweise das Krystallinischwerden dichter Kalkgesteine auf der Berührungsstelle mit Silicaten; oder sie nehmen noch ein Eindringen von Stoffen aus dem Silicatgestein in das schiefrige Gestein an, jedoch nur unter Einwirkung hoher Schmelzhitze. Indem dies nun einmal bei Thonschiefer, ein andermal bei Kalk stattfinden könne, solle die grosse Mannigfaltigkeit der metamorphischen Gesteine entstehen können.

Bei Betrachtung solcher Gesteine sieht man zunächst ein, dass sämmtliche Metamorphosen ganz in derselben Weise entstanden sein müssen, denn die Uebergänge sind so zahlreich und allmälig, dass jede einzelne Form mit jeder andern in Verbindung vorkommt. So erscheint Granit mit Gneiss, Gneiss mit Glimmerschiefer, dieser in Chloritschiefer und Talkschiefer übergehend, letzterer eng mit Thonschiefer verflochten. Es ist also einleuchtend, dass hier eine gewisse Solidarität herrscht, und dass jedes Gestein für das andere mithaftbar ist. Wenn nun in dieser Reihe das Auftreten von Glimmerschiefer mit Gneiss und andererseits mit Thonschiefer und Chloritschiefer eine feststehende Thatsache ist, so ist ebenso einleuchtend, dass Chloritschiefer und Gneiss in gleicher Weise entstanden sein müssen. Nun enthält aber der Chlorit an 12 % chemisch gebundenes Wasser und sitzt häufig ganz frei, so dass an einen hohen Druck nicht zu denken ist. Da nun der Chlorit auch auf Kalk und in Kalk eindringend gefunden wird, so kann er nur auf nassem Wege durch Infiltration entstanden sein, und das gilt nun solidarisch mit für den Gneiss und Granit. Es bleibt deshalb absolut keine andere Bildungsweise übrig, als die Bildung auf nassem Wege. Zudem erscheint

der Chlorit auch ganz getrennt von Silicaten oder sogenannten plutonischen Gesteinen, auf Gangspalten den Feldspath und Bergkrystall angreifend, wo dann auch für die plutonistische Lehre die Hitze und die Stoffübertragung fehlt. Wenn wir noch hinzunehmen, dass alle die durch Metamorphose entstandenen Silicate die Kieselerde im verdichteten Zustande enthalten, dass die darin eingeschlossenen Granate, Epidote, Turmaline, Diopside ebenfalls die verdichtete Kieselerde enthalten, dass alle diese Mineralien kleine Mengen Wasser enthalten, dass freie Oxyde, Magneteisen neben freier Kieselerde vorkommen, so schwindet jede Möglichkeit, eine andere Ansicht, als die der langsamen Stoffwandlung durch hinzutretende gelöste Stoffe annehmen zu können. Damit erklärt sich denn auch die Mannigfaltigkeit der Produkte aus so wenigen Unterlagen, indem aus derselben Unterlage, je nach der Zusammensetzung der Flüssigkeit, sehr verschiedenartige Produkte entstehen können. Die Möglichkeit der Stoffwandlung braucht gar nicht erwiesen zu werden, denn sie liegt in tausend unzweifelhaften Fällen vor, von der glaukonitischen Kreide anfangend bis zum Glimmerschiefer aufsteigend. Man kann sich daraus auch das Dilemma der Plutonisten erklären, wenn sie an die Betrachtung der metamorphischen Gesteine kommen. Sie finden da den wasserhaltigen Chlorit- und Talkschiefer und den noch unveränderten Thonschiefer als ein Hinderniss aufgestapelt, und müssen von diesen ausgehend dem Glimmer, Feldspath und Quarz eine nasse Entstehung zuschreiben, oder sie müssen, von der eruptiven Natur des Gneisses ausgehend, den wasserhaltigen Silicaten eine feurige Entstehung beimessen. Hier muss nun gewählt werden, denn beides ist unverträglich miteinander. Entscheiden sie sich für die nasse Entstehung des Chlorits, so fällt folgerecht das ganze System der eruptiven Gesteine um; halten sie dies aufrecht, so müssen sie den wasserhaltigen Chlorit mit dem Feuer versöhnen. Der letztere Fall ist offenbar einfacher; sie erklären, der Chloritschiefer sei eruptiv, und so ist alles abgemacht. Einige Plutonisten sind wohl geneigt, die nasse Entstehung des Chloritschiefers anzuerkennen, wollen aber die Consequenzen, welches dies auf Glimmerschiefer und Gneiss hat, nicht zugestehen. Unter dieser Bedingung kann man die Concession in Bezug der wasserhaltigen Schiefer auch nicht annehmen, denn sie führt zu einem offenen Widerspruch.

Man sehe nur die Verlegenheit der Schriftsteller in Betreff dieses Punktes. B. Cotta (Grundriss etc. 1846, S. 161) sagt: „Die Ideen darüber sind bis jetzt weder klar vorgelegt, noch hinreichend chemisch begründet Allerdings treten viele dieser Schiefergesteine unter Umständen auf, die zu Gunsten einer Metamorphose sprechen, besonders gehen sie, wenigstens scheinbar (!), in die thonigen Schiefergesteine über.“ Weiter unten ist von der entschieden eruptiven Natur vieler (!) Gneisse die Rede, so dass hier schon zweierlei Bildungsarten des Gneisses zugegeben werden. An der Metamorphose durch blose dauernde

Wirkung der hohen Temperatur im Erdinnern zweifelt er ebenfalls, und wirft dann die Frage auf, aus welchem speciellen Sedimentärgesteine jedes Besondere dieser krystallinischen Schiefergesteine entstanden sei.

„Ich (B. Cotta) für meine Person bin immer noch sehr geneigt, die grössere Masse der krystallinischen Schiefergebilde für erste und oberste Erstarrungsrinde, einige derselben für eruptive, und sehr wenige für metamorphische Bildungen zu halten." Also dreierlei Bildungsarten, worunter die zwei widersprechenden, plutonische und neptunische, als zugleich bestehend und ganz gleiche Produkte erzeugend, vorkommen. Damit ist doch eigentlich nichts gesagt. „Ich bekenne aber gern," fährt er fort, „dass wir uns rücksichtlich dieser Gesteine noch sehr auf dem Gebiete der Hypothesen befinden; nur so viel ist erweislich, dass sie in ihrem gegenwärtigen Zustand nicht von Wasser abgelagert, also keine wahre Sedimente sein können; denn da sie krystallinisch sind, so müssten (!) sie in diesem Falle nothwendig aus einer chemischen Auflösung in Wasser niedergeschlagen worden sein; das steht aber in directem Widerspruch mit der beinahe gänzlichen Unlöslichkeit der Summe ihrer Bestandtheile." Hier wird nun eine vierte Ansicht, dass sie ein reines Sedimentgestein seien, aufgestellt und mit Recht verworfen und endlich, in dem Ringen nach einer Erklärung, kommt er auch an die wirkliche Ursache der Metamorphose, lässt sich aber durch einen ganz unhaltbaren Grund davon zurückschrecken, dass die Löslichkeit der Krystalle in ihrem einmal verdichteten Zustande dieselbe sei, als wenn die Stoffe erst aus einer Lösung aus der Ferne und durch das Zusammentreten mehrerer Flüssigkeiten die bildende Flüssigkeit abgegeben haben. Nach dieser Ansicht gäbe es überhaupt keinen Bergkrystall, keinen Schwerspath, keinen Flussspath, die als solche uns absolut unlöslich erscheinen, und dennoch nur aus einer wässrigen Lösung entstanden sein können.

Aus allen diesen Verhältnissen kann man sich erklären, dass unter den Anhängern der alten Lehre selbst ein so grosser Widerspruch herrscht, je nachdem einer diesem oder jenem Grunde ein grösseres Gewicht beilegt. Naumann (Geogn. 2,162) gibt zu, dass die Metamorphose in einer inneren Umkrystallisirung bestehe, und entweder durch hohe Temperatur, oder durch eine auf andere (!) Weise angeregte Moleculartbätigkeit vermittelt worden sei.

Lyell, noch ganz Plutonist, nennt diese Gesteine hypogene metamorphische, und verlegt ihre Bildung tief ins Innere der Erde. Boué nimmt zum Feuer noch émanations gazeuses zu Hülfe, die von Studer und Escher verworfen werden. Keilhau, der diese Bildungen in Norwegen mit grosser Ausdauer studirt hat, verwirft die Annahme von Umänderung durch heisse plutonische Gesteine, und Mitscherlich*), der genau dieselben Oertlichkeiten bei Christiania untersuchte, stellt die

feurige Umwandlung wieder her, und macht auf dieselben Thatsachen gestützt, gerade den entgegengesetzten Schluss, wie Keilhau. Man kann aber aus Mitscherlich's eigenen Beschreibungen herauslesen, dass er im Unrecht ist. Obgleich das Silurgebirge von mächtigen Granit- und Porphyrmassen durchbrochen ist, so hat es doch in seiner Schichtung und Lage keine Veränderung erlitten, weil Mitscherlich annimmt, dass der verschwundene Theil des Silur's durch plutonische Gesteine ersetzt sei. Ein darin enthaltener Kalkstein ist in Marmor von dem Korne des parischen verwandelt. Zwischen dem Schiefer und Kalk liegt sehr gut ausgebildeter Granat (!), an einer andern Stelle Hornblende mit Granaten gemengt. Ebenso finden sich im Kalke noch Formreste von Crinoiden. Das ist schon genügend. Granat kann ursprünglich weder im Thonschiefer, noch im Kalke vorhanden gewesen sein, und kann auch nicht durch Schmelzung entstanden sein. Er muss also, wie überall, auf nassem Wege gebildet worden sein, und das erklärt dann auch das Krystallinischwerden des Kalkes. Die höchste Entfernung, bis zu welcher man umgeänderte Schiefer antrifft, beträgt nach Keilhau $\frac{1}{5}$ Meile von der Gränze der plutonischen Gesteine. Das erscheint selbst Mitscherlich so bedeutend, dass er daran etwas abzumarkten sucht. Nun denke man sich die schlechte Leitungsfähigkeit einer Hochofenwand oder eines Vulkans, so muss man doch erstaunen, wenn man die feurige Wirkung bis auf $\frac{1}{5}$ Meile sich erstreckend vorstellen soll. So etwas ist absolut unmöglich, denn dann müsste ja auch die obere Schichte der Erde allmälig von dem innern Feuer in Glühhitze gerathen. Der schlagendste Beweis gegen die plutonische Umwandlung liegt aber darin, dass die in den wirklichen Laven eingeschlossenen Mineralien, Sanidine, Leucite, Augite, Hornblenden, Glimmer, niemals eine solche feurige Metamorphose zeigen, sondern nur Abrundung ihrer Ecken und Kanten und Verlust am spec. Gewicht, und dass die plutonischen Gesteine, welche alles das bewirkt haben sollen, niemals schmelzflüssig gewesen sein können. Alle in den Lehrbüchern der orthodoxen Geologie aufgeführten Fälle von metamorphischen Gesteinen kommen lediglich und ohne Ausnahme bei plutonischen Gesteinen, d. h. krystallinischen Silicaten vor, während von glasigen Silicaten, Laven, auch nicht ein einziger Fall nachgewiesen werden kann. Mitscherlich führt ferner an, dass, je geringer die Masse des plutonischen Gesteines sei, desto kleiner auch die Entfernung werde, bis zu welcher man den umgeänderten Schiefer antreffe. Das ist nach seiner Ansicht nothwendig, aber die umgekehrten Fälle kommen auch vor. Es spricht dies ebenso gut für nasse Bildung, denn je mächtiger die durchbrechende Schichte

---

*) Ueber die vulkanischen Erscheinungen der Eifel, nach des Verfassers Tode von J. Roth herausgegeben, Berlin 1865.

des Silicatgesteines geworden ist, desto länger hat auch ihre Bildung und die seitliche Einwirkung auf das Nebengestein gedauert. Im Mühlenbad bei Elbingerode kommt nach Mitscherlich ein Granitgang im Thonschiefer vor, welcher letzterer durch den Granit nicht im Mindesten (!) verändert sei, nur sei er etwas schwerer schmelzbar vor dem Löthrohr geworden. Bei bloser Aufnahme von Kieselerde erklärt sich dies genügend, ob aber die Kieselerde dichte oder amorphe gewesen sei, wurde nicht untersucht.

„Die Annahme (l. c. S. 72), dass Schichten von der Dicke einer Fünftelmeile durch feuerflüssige Granit- und Syenitmassen erhitzt werden konnten bis zu der Temperatur, welche zur Umänderung des dichten Kalkes in körnigen nothwendig ist, und die nicht höher zu sein braucht, als die der flüssigen Lava des Vesuvs, ist keine gewagte (!), sondern eine sehr wahrscheinliche, da die Zeitdauer der Berührung eine ganz unbestimmbar lange war."

Diese Aeusserung Mitscherlich's, deren Unhaltbarkeit wir schon oben berührt haben, lässt sich leicht widerlegen. Wenn der Schiefer dieselbe specifische Wärme wie der Granit hat, so musste zur Erhitzung von $\frac{1}{5}$ Meile Schiefer auch $\frac{1}{5}$ Meile Granit auf die Hälfte seiner Temperatur abgekühlt worden sein, da der schmelzende Granit doch nur eine gewisse Menge Wärme enthalten kann, und die abgegebene ihm nicht anders ersetzt werden kann, als durch Abkühlung anderer anstossender Mengen. Zudem geht die Verwandlung des dichten Kalkes in körnigen durchaus nicht bei der geringen Hitze der schmelzenden Laven vor sich, sondern nur in der heftigsten Weissglühhitze. Prof. Gust. Rose würde bei seinen Versuchen nicht so unendlich viele Mühe haben verwenden müssen, wenn die Umwandlung bei so niederer Temperatur geschähe. Es ist also hier eine Voraussetzung gemacht, die factisch nicht zutrifft.

Die auf der Gränze von Schiefer und plutonischem Gestein vorkommenden Mengen von Kupferkies, Bleiglanz, Magneteisen hält Mitscherlich für Aussaigerungen. Es ist nicht zu begreifen, wie Kupfer und Blei aus Gesteinen solle ausgesaigert werden können, die solche nicht enthalten, noch weniger wie Magneteisen sich aus seiner Verbindung mit Kieselerde durch Hitze losreissen soll. Vielmehr beweisen diese offen mitgetheilten Vorkommnisse Infiltrationen von unten oder oben, und eine gleiche Entstehung dieser Erze wie auf jedem Gange, und so macht jede neue Beobachtung einer unrichtigen Ansicht neue Schwierigkeiten, und der richtigen gereicht sie zur Unterstützung.

Aber noch aus anderen Mittheilungen Mitscherlichs ergibt sich die vollständige Unhaltbarkeit seiner Ansicht. Auf Seite 75 führt er an, dass Basalt, Dolerit und ähnliche Gesteine durch ihre Einwirkung auf andere Gesteine bei Berührung und selbst bei Umhüllung keine besondere Erscheinungen hervorgebracht hätten. Dagegen finden sich Thonschiefer und Grauwacke rothgebrannt und an den Rändern blasig,

zuweilen bimssteinartig aufgequollen bei Boos, Uelmen und an vielen andern Orten der Eifel. Hier tritt nun wieder die ewige Verwechslung ein. Die Eifelvorkommnisse sind ja vulkanisch und nicht plutonisch, und es soll die Metamorphose des Schiefers durch Gneiss und Granit bewiesen werden. Aber selbst die angeführten Fälle sprechen gegen ihn, weil die Thonschiefer nicht hätten roth gebrannt, sondern in Glimmerschiefer verwandelt werden sollen. In Berührung mit Granit findet man den Thonschiefer niemals roth gebrannt. Mitscherlich hat sich durch diese Anführung seine ganze Argumentation verdorben, und es folgt gerade das Gegentheil daraus, nämlich, dass aus der unbezweifelt feurigen Wirkung der Laven kein Glimmerschiefer, sondern gebrannte Thonsteine entstehen. Ferner führt er an, dass Basaltgänge häufig die Kalksteine durchsetzen, z. B. den Muschelkalk bei Cassel (in der Eifel), ohne dass letzterer eine Veränderung erlitten habe. Von den runden Kalkstücken von 5 Zoll Durchmesser, welche äusserlich mit einer krystallinischen Kruste umgeben innen noch einen erdigen Bruch zeigten, ist gar nicht einmal nachgewiesen, dass sie überhaupt dem Feuer ausgesetzt waren, und dass sie nicht durch Infiltration diese Veränderung erlitten haben konnten. Aber gesetzt auch, es wäre der Fall gewesen, wie sieht es denn mit der $\frac{1}{5}$ Meile aus, wenn ein 5 Zoll dickes Stück nicht einmal bis ins Innere verändert war; und dann wäre der Natur auch das Experiment gelungen, was James Hall und Gustav Rose mit so vieler Mühe in Scene gesetzt haben. Wenn der Vesuv unschmelzbaren Glimmerschiefer mit Granaten und Vesuvianen auswirft, so finden sich diese natürlich in den Laven; Mitscherlich behauptet nun, diese Mineralien seien durch die Einwirkung der feurigen Lava entstanden, „da viele derselben in den metamorphen Gesteinen sich finden.“ (l. c. S. 76). Hier haben wir einen vollständigen circulus vitiosus. Er will beweisen, dass sie sich durch feurige Einwirkung gebildet hätten, und nimmt dann gleich darauf ihre Existenz für diesen Beweis an, während sie sich doch auch an vielen Stellen finden, wo kein Vulkan ist.

Er folgert nun zuletzt, dass „weder der Kalk noch die Schiefer bis zum Flüssigwerden erhitzt worden seien, ja nicht einmal so weich, dass darin ein so schwerer Körper wie Magneteisen (spec. Gew. 5,09) untersinken konnte. Die Erklärungen werden immer künstlicher und geschraubter, weil jede neue Thatsache ein neues Hinderniss bereitet.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass die plutonistische Geologie aus den Anschauungen Mitscherlich's Capital zu machen suchen wird, indem sie hier einen bedeutenden Chemiker in den Kampf führt, und seine gewichtige Autorität andern chemischen Einwänden entgegensetzen wird. Allein das kann uns nicht bestimmen, von dem klar erkannten Wege abzuweichen. Der grösste Chemiker des Jahrhunderts kann von der Kieselerde, dem Eisenoxyd und andern bekannten Stoffen nicht mehr wissen, als der jüngste Docent an einer Gewerbeschule, und seine

Schlüsse bildet er auf dieselbe Weise, wie jeder Landmann und Handwerker, und hat nicht einmal einen Vorsprung vor diesen, vielmehr häufig den Nachtheil, dass er von vorgefassten Meinungen, früher gedrückten Werken und andern Verhältnissen beeinflusst ist. Wenn er also seine ganze Autorität daran setzt, um glauben zu machen, dass sich Magneteisen durch Schmelzen und Erstarren aus einem Silicate ausscheiden könne, so darf ihm jeder Anfänger in der Chemie entgegensetzen: das ist nicht wahr; das können Sie nicht machen, das können Sie nicht beweisen; das geht gegen die Gesetze der Affinität und gegen die Erfahrung. Aus diesem Grunde haben die Mittheilungen aus Mitscherlich's hinterlassenen Schriften gar keinen Einfluss auf die richtige Erkenntniss der metamorphischen Gesteine gehabt. Die auf S. 73 behauptete Bildung des Granats aus dem Schmelzfluss ist ohne allen Beweis geblieben, und wegen der bekannten Eigenschaften des Granats geradezu ein Irrthum.

Im Jahre 1814 entdeckten Charpentier und Lardy auf dem Nufenen-Passe zwischen dem oberen Wallis und Tessin einen dunkelgrauen, bisweilen mit Granaten erfüllten, sehr kalkreichen Glimmerschiefer, welcher deutliche, aus feinkörnigem Kalke bestehende Belemniten umschloss. Später sind dergleichen Belemniten von Escher im Glimmerschiefer der Furca und von Studer im Luckmanier in einem granatführenden Glimmerschiefer gefunden worden. Hier steckten nun 3 unversöhnliche Feinde des Schmelzflusses, die Granate, der kohlensaure Kalk und die erhaltenen Thierformen mitten inne. Es ist also offenbar dieser Glimmerschiefer nicht auf eruptivem Wege entstanden. Naumann gesteht nun, indem er diese Fälle anführt (Geogn. 2, 186), dass er die Alpen nur aus einer sehr flüchtigen Wanderung kennen gelernt habe, aber doch den Folgerungen eines Elie de Beaumont, Studer und Escher bescheidene Zweifel entgegensetzen müsse. „Es ist gewiss, dass sich im Contacte und mitten zwischen den gneissartigen Gesteinen der Alpen entschieden metamorphische Gesteine vorfinden, welche gegenwärtig als Glimmerschiefer oder Kalkglimmerschiefer erscheinen, während sie durch die in ihnen enthaltenen organischen Ueberreste ganz unzweifelhaft als ursprünglich sedimentäre charakterisirt sind."

Naumann's Metamorphose besteht aber nur in feuriger, wie auf derselben Seite 186 gesagt ist, wo von der Eruptionsepoche des metamorphosirenden Gesteines gesprochen wird. Diese Widersprüche sind greifbar, wie die Alpen selbst. Man flickt an der alten Burg, wo der Regen durch das Dach hinein strömt, mit neuen und immer künstlichern Hypothesen; allein es will alles nichts helfen. Es dürfte deshalb wohl ein Grundfehler in der ganzen Anlage sein, und er ist längst aufgedeckt. Es ist die feurige Entstehung der Feldspathgesteine und die Annahme bestimmter Zeiträume für jede Bildung. Es wird deshalb

wohl am Ende nothwendig werden, die ganze plica polonica mit einem Zuge abzureissen, da eine Heilung nicht möglich ist.

Wir haben beim Feldspathe gesehen, dass er einmal vollständig aus einer Lösung, dann auch wieder durch Verdrängung von kohlensaurem Kalke gleichsam als Metamorphose auftreten kann. Im ersten Falle fand er den Platz leer, wie der Adular in Hohlräumen, oder er verschaffte sich den Platz durch Hebung des überliegenden Gesteins, oder er verschaffte sich den Platz, indem er einen andern Körper verdrängte, der dann in Lösung überging, und wo er sich an seinen Platz hinsetzte. Es ist oft schwer zu entscheiden, welcher von diesen drei Fällen eingetreten ist. Es ist in allen Fällen genau dieselbe Bildung, nur die Verhältnisse des Raumgewinnens waren verschieden. Dieselben Umstände können sich auch bei den schiefrigen Silicaten wiederholen. Da Glimmer und Quarz wirkliche Krystallisationen sind, welche für sich allein ohne Metamorphose eintreten können, so kann auch der Glimmerschiefer, der aus beiden besteht, in gleicher Art entstehen. Es ist also die Frage, ob ein gegebener Glimmerschiefer metamorphisch sei oder erste Bildung, eine besondere, die in jedem Falle nach den Umständen beurtheilt werden muss. Finden sich noch anhaftende parallele Thonschieferschichten, so kann der Glimmerschiefer metamorphisch sein, aber er muss es nicht, denn es könnte sich auch zwischen Thonschiefer und Granit eine neue Bildung eindrängen und nur die Oberfläche des Thonschiefers verwandeln. In vielen Fällen dürfte die Entscheidung unmöglich sein. Dringt blose Kieselerde in andere Gesteine, so kann sie diese in Perlsteine, Hornsteine, Porphyre, Quarzite verwandeln. Sind noch Feldspathbestandtheile dabei, so werden feldspathige Porphyre, Feldsteine etc. entstehen. Von diesen Porphyren sind manche so überwiegend kieselerdehaltig, dass sie in keinem Feuer schmelzbar sind, und galten dennoch am hartnäckigsten für eruptiv, obgleich sie die dichte Kieselerde von 2,6 enthalten. Kommt die infiltrirende Flüssigkeit mit Eisenoxydul und Bittererde in Kalkstein, so kann sie einen Schalstein bilden, würde aber mit Thonschiefer einen Glimmerschiefer geben können; mit ausschliesslicher oder vorwaltender Bittererde würde ein Talkschiefer entstehen; mit vorwaltendem Eisenoxydul ein Eisenglimmerschiefer. Kam eine Lösung mit Glimmerbestandtheilen in Kalk, so musste Kalkglimmerschiefer statt Schalstein entstehen, kurz in allen Fällen wird das Product von der Natur des vorhandenen Gesteins und der infiltrirenden Flüssigkeit abhängig sein, und die Stoffwandlung geht allein durch Mitwirkung des einzigen auf der Erde vorhandenen Lösungsmittels, des Wassers, vor sich.

Die innere Wärme der Erde.

Die Oberfläche der Erde empfängt ihre Wärme lediglich von den Sonnenstrahlen und verliert sie wieder durch Ausstrahlung in das Weltall. An jedem Orte bildet sich ein Gleichgewicht zwischen Einnahme und Ausgabe an Wärme, welches von climatischen Verhältnissen abhängig ist. Die Erde ist überall ein sehr schlechter Wärmeleiter und die durch Tag und Nacht, so wie durch Winter und Sommer bedingten Ungleichheiten in Empfang und Ausgabe geben sich nur bis auf eine gewisse Tiefe in der Erde zu erkennen. Es ist einleuchtend, dass der Einfluss des Tages weniger tief geht als der des Jahres, und dass unter der heissen Zone, wo Tageslänge und Sonnenhöhe das ganze Jahr wenig wechseln, der Einfluss weniger tief sein werde, als in höheren Breiten. Unter den Tropen fand Boussingault schon bei 5 bis 6 Decimetern Tiefe (19 bis 23 Zoll) eine das ganze Jahr hindurch gleichbleibende Temperatur, wogegen in Mitteleuropa schon 60 bis 80 Fuss Tiefe erforderlich sind, um den Unterschied der Jahreszeiten verschwinden zu machen. Diese Grösse lässt sich überhaupt nicht genau bestimmen, und es genügt, dass man im Allgemeinen davon eine Anschauung habe. Die Beobachtungen von Paris, Strassburg, Zürich und Brüssel ergeben, dass bei ungefähr 24 Metern (73 bis 74 Rheinl. Fuss) Tiefe die Temperatur constant bleibt. Weiter nach den Polen zu würde diese Tiefe sich noch bedeutender herausstellen. Man nennt diese Schichte die unveränderliche (couche invariable), und ihre Temperatur ist abhängig von der mittleren Temperatur des Jahres an dem Orte. Da nämlich die Einwirkung des Jahres bis nahe an diese Schichte vordringt, aber ausgeglichen und gemildert durch die Masse und schlechte Leitung des Bodens, so ist klar, dass Zufuhr von Wärme aus der Erde und Verlust nach Aussen sich gerade das Gleichgewicht halten müssen, wenn die mittlere Temperatur des Bodens gleich ist der mittleren der Luft.

Unter dieser unveränderlichen Schichte hat man überall auf der Erde eine Zunahme der Wärme nach der Tiefe beobachtet, und zwar im Allgemeinen für jede 90 bis 100 Fuss senkrechter Tiefe eine Zunahme von 1°C. Die Wärmezunahme geht also über diese Temperatur der unveränderlichen Schichte hinaus und beginnt in der Erde mit dieser unveränderlichen Schichte. Wenn wir also erfahren, dass der Brunnen zu Grenelle bei 1650 Fuss Tiefe eine Temperatur von 27,7°C zeigt, und dass die mittlere Temperatur des Bodens in der couche invariable bei 27,6 Meter = 85 Par. Fuss 11,82°C beträgt, so beträgt der Wärmezuwachs für 1565 (nämlich 1650 weniger 85) Fuss 15,88 (nämlich 27,7 weniger 11,82) °C; es kommen also auf 1°C $\frac{1565}{15,88}$ oder $98\frac{1}{2}$ Par. Fuss.

Auch hierin finden Verschiedenheiten je nach der Leitungsfähigkeit des Bodens statt, was neben der allgemeinen Thatsache weniger Intresse hat. Dies Gesetz ist bis zu der Tiefe der von den Menschen erbohrten oder ausgegrabenen Stellen der Erdrinde noch als constant befunden worden. Man hat nun darauf eine Menge Schlüsse gegründet, indem man zu rechnen fortfuhr, dass bei einer mittleren Bodentemperatur von 10°C und einer unveränderlichen Schichte von 74 Fuss bei 10074 Fuss Tiefe eine Temperatur von 110°C (nämlich 100 + 10), bei 100074 Fuss eine Temperatur von 1010°C; bei 200074 Fuss Tiefe von 2010°C stattfinden müsse. Diese Voraussetzungen sind jedoch sehr gewagt, wenn man bedenkt, ein wie kleines Stück der Reihe wir beobachtet haben, um die ganze Reihe daraus zu entwickeln. Um die Temperatur des siedenden Wassers anzutreffen, müssten wir eine Tiefe von 10000 Fuss erbohren können, während 2500 Fuss bis jetzt das tiefste Bohrloch beträgt. Die Kosten und Mühen des Weiterbohrens nehmen in bedeutender Tiefe so rasch zu, dass aus wissenschaftlichem Intresse wohl niemals eine solche Bohrung ausgeführt wird. Wenn aber auch ein Bohrloch bis zu 10000 Fuss Tiefe getrieben würde, so könnte man daraus doch nicht weiter schliessen, als die Versuche reichten. Wenn der innere Kern der Erde eine Temperatur von 250 oder 300°C hätte, so würde das Gesetz der Zunahme bis 25000, resp. 30000 Fuss Tiefe richtig sein, aber weiter nicht. Wir sind also ganz ausser Stande, die Gültigkeit der Wärmezunahme durch Versuche zu prüfen, und wir müssen auf anderm Wege die Frage angreifen.

Dass die Wärmezunahme nicht bis zur Schmelzhitze der Granite, Syenite, Basalte ausgedehnt werden dürfe, geht aus den Eigenschaften dieser Gesteine hervor, welche eine feuerflüssige Entstehung verneinen.

Diese Gründe sind anderswo genauer erörtert worden und führten zu dem Schlusse, dass das Erdinnere zwar eine erhöhte Temperatur habe, aber nicht bis zu dem Punkte, dass Oxyde und Kieselsäure, Carbonate und Silicate in Wechselwirkung treten. Das Maximum der Temperatur zu bestimmen sind wir ausser Stande, allein aus dem Verhalten des Gadolinits und Samarskits zur Wärme kann man schliessen, dass der den Gadolinit umgebende Granit niemals bis zur Schmelzhitze des Silbers und beim Samarskit niemals bis zur Schmelzhitze des Antimons erhitzt gewesen sei. Hierdurch ist das Maximum begränzt, aber nicht bestimmt.

Es muss demnach eine andere Ursache der Wärme des Erdinneren geben, und diese ist die in Wärme umgesetzte Arbeit der Sonne. Dieses Gestirn sendet ununterbrochen Wärmestrahlen auf die Erde, welche davon zwar äusserlich erwärmt wird, allein diese Wärme immer wieder durch Ausstrahlung verliert. Dagegen wird durch die Sonne Wasser in Gaszustand verflüchtigt und in Gestalt von Wolken über die ganze Erde geführt. Hier fällt es als destillirtes Wasser herab, dringt in die Erde ein, und kommt mit Bestandtheilen der Erde beladen wiederum aus derselben hervor. Wenn wir von dem Gehalte

der Mineralquellen und Salzsoolen als zu unbedeutend absehen, so sind es nur die Flüsse, welche mit gelösten Bestandtheilen des Festlandes dem Meere zueilen. Volger nennt dieselben unsichtbare Berge, welche unbemerkt an uns vorüber fliessen. Die als Schlamm sichtbaren Berge, welche vom Flusse hinabgeführt werden, sind nur eine kurze Zeit während der Schneeschmelze, oder von Gewittern veranlasst, bedeutend. Im Durchschnitt verhalten sich die trübmachenden Stoffe zu den aufgelösten wie 1 zu 9. Wenn das Rheinwasser bei Basel in 100000 Theilen nach der Analyse nahezu 20 Theile feste, aufgelöste Bestandtheile, grösstentheils kohlensauren Kalk, enthält, so führt es nach dem Querschnitt des Rheines und seiner Geschwindigkeit jährlich eine Masse von 44 Millionen Kubikfuss Kalkfels, im Ganzen 59 Millionen Kubikfuss fester Bestandtheile weg, und bei Emmerich gehen jährlich 138 Millionen Kubikfuss vorbei. Diese Masse kommt grösstentheils aus dem Innern der Erde, theils von festen Kalkgesteinen, theils von der Zersetzung kalkhaltiger Silicate. Man berechnet, dass die seit 5000 Jahren ausgeführte Steinmasse das ganze Flussgebiet des Rheines von 3500 Quadratmeilen mit einer fusshohen Schichte Fels bedecken könnte, oder dass auf dem ganzen Gebiete diese Masse in den Gebirgen fehlt. Wo diese Gesteine als Ganzes weggenommen werden, entsteht eine Höhlung und leerer Raum, wo sie aber aus einzelnen Bestandtheilen der Gesteine abstammen, werden diese ausgezehrt und in ihrem Zusammenhange geschwächt, und können dann auf die Dauer dem Drucke der auflagernden Schichten nicht widerstehen, sondern müssen durch Einsacken zusammensinken.

Bischof hat in seiner chemischen Geologie diesem Gegenstande eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt, und ihn durch so viele Analysen und Untersuchungen unterstützt, dass ihnen kaum etwas zuzusetzen ist. Er hat dabei die gelösten und trübmachenden Bestandtheile getrennt. Im 2. Bande der ersten Auflage finden sich von S. 1511 an Analysen der löslichen Bestandtheile von 50 Flusswassern. Die Summe der festen Bestandtheile ist nicht an allen Stellen desselben Flusses gleich, sondern wechselt etwas nach dem Gehalt der Zuflüsse. Im Allgemeinen enthalten die Flüsse, so weit die See noch nicht hineintreten kann, in 100000 Theilen Wasser von 16 bis 28 Theile fester Bestandtheile. Die Themse, die, wo sie nicht schon ein Meeresarm wird, ein sehr unbedeutender Fluss ist, etwa von der Bedeutung der Lahn oder Saar, enthält bei Greenwich 39 Theile, bei der Londonbrücke 36 Theile, und weiter aufwärts 30 bis 31 Theile fester Stoffe. Offenbar ist hier schon die Wirkung der Ebbe und Fluth vorhanden, welche das Wasser rückwärts bis oberhalb London staut, und bei der Fluth frei gehende Schiffe stromaufwärts durch die Brücken führt.

Dagegen enthält Brunnenwasser durch die im Erdboden durch Verwesung organischer Stoffe entstandene Kohlensäure grössere Mengen aufgelöster Stoffe, und zwar bis 60 und 70 Theile in 100000 Theilen

Wasser. Nun würde allerdings die Förderung des Wassers aus Brunnen als verschwindend klein anzusehen sein, allein das Grundwasser tritt als Brunnenwasser unterirdisch in die Flüsse ein, und bewirkt, dass diese, trotz anhaltenden Frostes und Trockenheit noch lange fliessen, wenn selbst alle oberirdischen Zuflüsse durch Frost und Austrocknung aufgehört haben. Die Bestandtheile dieses Grundwassers kommen allein aus dem Innern der Erde und geben nach Vermischung mit dem oberirdischen Regenwasser, welches weniger Stoffe enthalten kann, die Zusammensetzung des Flusswassers. Die äusserste Oberfläche der Erde ist durch Regen und Schnee so vollständig ausgesüsst, wie der Niederschlag auf dem Filtrum eines Chemikers.

Die Fälle, wo Gesteine als Ganzes verschwinden, kommen bei kohlensaurem Kalke, bei Gyps, bei Steinsalz vor, und es entstehen daraus Höhlen, Schlotte, Unterwölbungen. Diejenigen Fälle, wo nur einzelne Theile aufgelöst werden, kommen bei Silicaten vor, wo das Alkali, Kalk, Bittererde und ein Theil der Kieselerde austreten und ein zersetztes Gestein übrig bleibt. Dieses hat, wenn auch noch eine Zeit lang nicht an Volum, dennoch an Widerstandskraft und Tragfähigkeit verloren. Es muss nun zuletzt ein Zeitpunkt eintreten, wo die Widerstandskraft dem Drucke nachgibt; die Masse muss sich zusammen setzen, bis die durch Verdichtung erhöhte Widerstandskraft wieder dem Drucke gewachsen ist. Die Folge davon ist, dass die obere noch durch Gewölbebildung eine Zeitlang schwebend gehaltene Masse sich abwärts bewegt, bis sie wieder zur Ruhe kommt. Nun aber kann keine Bewegung anders als durch Wärmebildung an dem Hindernisse verschwinden. Es ist eine unbestrittene, durch zahlreiche Versuche bestätigte Thatsache, dass durch jede Kraft, die gehemmt wird, Wärme erzeugt wird, und dass durch Wärme Kraft erzeugt werden kann. Beide stehen zu einander in einem ursachlichen Verhältniss. Es kann absolut keine Bewegung in der Erscheinung verschwinden, ohne dass sie ein Aequivalent einer andern Kraft hervorbringt, und diese andere Kraft ist in letzter Instanz immer Wärme. Die durch Wärme erzeugte Kraft nennt man das mechanische Aequivalent der Wärme, und die durch Bewegung erzeugte Wärme nennt man das thermische Aequivalent der Kraft. Beide sind, auf dieselbe Grösse bezogen, absolut gleich, wie Ursache und Wirkung, und wechseln diese Namen, jenachdem das eine oder das andere zuerst da war.

Aus den angestellten Versuchen ergaben sich die folgenden thermische Aequivalente. Unter Wärmeeinheit versteht man diejenige Menge Wärme, welche erforderlich ist, eine Gewichtseinheit Wasser um einen Grad des Centesimalthermometers zu erwärmen.

Nennen wir die Gewichtseinheit = 1 Gramm, so ergeben sich für eine Wärmeeinheit

1) Durch Compression von Luft	0,451	Kilogrammometer
durch Schütteln von Wasser nach Mayer	0,421	„ „

3) Durch Bewegung von Wasser in einer Büchse mit Schaufeln 0,425 Kilogrammometer
4) aus der Wärmeentwicklung in den Windungen eines Electromagneten zwischen den Polen kräftiger Magnete 0,460 „ „

Als Mittel dieser Versuche können wir die Zahl 0,440 Kilogrammometer oder kürzer bezeichnet KM., annehmen. Der Sinn dieser Bezeichnung ist folgender:

Wenn 0,440 Kilogramme (oder 440 Gramme) einen Meter hoch fallen, so erzeugen sie an der Aufschlagstelle eine Menge Wärme, welche hinreichend ist, 1 Gramm Wasser um 1 °C zu erwärmen.

Der umgekehrte Satz würde heissen:

Mit derjenigen Wärme, welche hinreicht, um 1 Gramm Wasser um 1°C zu erwärmen, kann man 0,440 Kilogramm (oder 440 Gramm) Last auf 1 Meter Höhe heben.

Man kann die erste Angabe leicht auf jede andere Maass- und Gewichtseinheit übertragen.

Nehmen wir das Pfund zu 500 Grm. und den Meter zu 3,186 Preussische Fuss, so haben wir um 1 Pfd. = 500 Gramm um einen Grad zu erwärmen nothwendig 500 × 0,440 KM = 220 KM. Nun ist 1 Kilogramm = 2 Pfd., also gebrauchen wir 440 Pfund Meter; ferner ist aber der Meter 3,186 mal so gross als der Preuss. Fuss, man muss also das Gewicht 3,186 mal vergrössern, wenn man die Fallhöhe durch 3,186 dividirt, um Fusspfunde zu erhalten. 3,186 mal 440 Pfd. sind 1401,8 Pfd., und der Ausdruck heisst in Fusspfunde reducirt:

Um 1 Pfund Wasser um 1°C zu erwärmen, müssen 1401 Pfund (in runder Zahl 14 Zentner) einen Fuss hoch fallen, wobei das Pfund zu ½ Kilo und der Fuss als preussischer angenommen sind; oder kurz ausgedrückt:

1 Wärmeeinheit ist gleich 0,440 Kilogrammometer,
„ „ „ = 1400 Fusspfund,

welche beide Ausdrücke ganz dasselbe bezeichnen. Eine andere Reihe von Versuchen ergab 0,424 Kilogrammometer, und dies würde 1350 Fusspfund entsprechen.

Jedes gehobene Gewicht ist eine Kraft, und jedes getragene Gewicht, dem man die Unterstützung wegnimmt, wird zu einem gehobenen Gewicht und zu einer Kraft, und wenn es sich senkt und in seiner Bewegung gehemmt wird, erzeugt es durch seinen Fall eine Wärmemenge, die durch sein absolutes Gewicht und seine Fallhöhe bestimmt ist. So oft nämlich 1400 Pfund in seinem Gewicht, und 1 Fuss in seiner Fallhöhe enthalten sind, und beide Quotienten miteinander multiplicirt, ebensoviel Pfund Wasser können um 1°C erwärmt werden. Ist aber nicht Wasser derjenige Körper, welcher getroffen und erwärmt wird, so kommt noch die specifische Wärme dieses Körpers in Betracht. Von

allen Körpern hat Wasser die höchste specifische Wärme, und das Gewicht des erwärmten Körpers muss noch durch seine specifische Wärme dividirt werden. Wäre die spec. Wärme eines Körpers = 0,5, so würde durch dieselbe Menge Wärme doppelt so viel von diesem Körper als von Wasser um 1°C erwärmt werden, oder es würde die gleiche Menge des Körpers um 2°C erwärmt werden.

Dass durch gehemmte mechanische Wirkungen Wärme erzeugt wird, kann durch eine Menge von Beispielen belegt werden.

Ein geschickter Schmied hämmert einen Eisenstab bis zum Glühen; auf dem raschen Schleifsteine werden fest angedrückte Eisendrähte an der Spitze glühend: die Drehspäne von Locomotivrädern sind heiss; die Windkessel der Feuerspritzen werden so heiss, dass man sie aussen nicht berühren kann, und unzählige mehr. Bei der Fundamentirung der Kölner Eisenbahnbrücke kam es mehrmal vor, dass Holzpfähle im Rheinbette verkohlten und dass Rauch in Blasen aus dem Wasser aufstieg. Man musste diese Pfähle wieder herausziehen und es zeigte sich jedesmal, dass sie auf ein Hinderniss gestossen waren; sie waren äusserlich schwarz gebrannt, obgleich diese Schichte nicht dick war. Der Rammklotz wog 25 Zentner, und fiel in einer Minute 60 Mal von 3 Fuss Höhe herab. Sein mechanischer Effect war also in einer Minute $= 2500 \times 60 \times 3 = 450000$ Fusspfund. Dieser ist gleich $\frac{450000}{1400}$ $= 321$ Pfund Wasser um 1°C erwärmt. Es dauert aber nun die Hitze einer Ramme 4 bis 5 Minuten, und der ganze Effect wäre 321 Pfund Wasser um 4 bis 5°C erwärmt. Man überlege nun, ob eine solche Menge Wärme nicht hinreichend war, um einen Pfahl oberflächlich zu verkohlen. Wie lange wird man einen mit 321 Pfund Wasser gefullten Kessel auf ein Heerdfeuer setzen müssen, um das Wasser um 5°C zu erwärmen, und würde in dieser Zeit der Balken nicht auch angebrannt sein? Beim regelmässigen Eindringen des Balkens in die Erde findet kein Anbrennen statt, denn indem sich die Erde weit um den Balken herum verdichtet, wird die erzeugte Wärme in dem ganzen Verdichtungskreise entwickelt und dadurch unbemerkbar.

Es ist also vollkommen undenkbar, dass die durch Auswaschen der Erde nothwendig herbeigeführten Senkungsbewegungen ohne Wärmeentwicklung sollten vor sich gehen können, und jede Theorie der Erdwärme ist unvollständig und falsch, welche dieser Wärmequelle keine Rechnung trägt. Wenn nun auch die Senkungen äusserst langsam vor sich gehen, und Jahrhunderte lang oft ganz unbemerkbar sind, so ist ihre Wirkung dennoch gross durch die ungeheure Masse der sich senkenden Schichten. Die geringe Leitungsfähigkeit der Erde für Wärme macht, dass sich die Wirkungen addiren, selbst wenn die Zeiten sehr weit auseinander liegen. Dass aber täglich grosse Massen fester Stoffe aus dem Erdinnern durch Quellen und unterirdischen Wasserlauf zu Tage kommen, lehrt die Analyse der Flusswasser und die Messung ihres Wasserreichthums, und

nothwendig muss im Laufe der Zeiten eine diesen gehobenen Massen entsprechende Wärmeentwicklung in der Erde stattfinden. Dies ist die wesentliche Ursache der allgemeinen Wärme des Erdinnern. Der Sitz dieser Wärmeentwicklung liegt wohl nur in den obersten Schichten der Erde, bis wohin lösende Wasser eindringen, worüber wir keine sichere Kenntniss haben. Es bleibt unsicher, ob wir diese Schichten zu 1 oder mehreren Meilen Dicke annehmen sollen. Kommen in der Erde Eisenoxyd und organische Stoffe bei Gegenwart von Wasser in Berührung, so entsteht kohlensaures Gas, welches aus der Erde entweicht. Der von ihm eingenommene Raum gibt ebenfalls zu Bewegung Veranlassung, und der Vorgang als Oxydation selbst macht Wärme frei. Eine andere Quelle der Wärme liegt in der entstehenden Cohäsion. Diese ist eine mechanische Kraft, welche nur durch eine andere mechanische Kraft, z. B. Wärme oder Druck, Stoss aufgehoben werden kann. Man kann den Zusammenhang eines Körpers durch Feilen, Reiben, Drücken, Stossen aufheben; ebenso durch Wärme beim Schmelzen. So wie nun durch Hinzutreten von Wärme Cohäsion verschwindet, ebenso muss durch Eintreten von Cohäsion Wärme austreten. Gefrieren des Wassers, Krystallisiren von Salzen kann nicht stattfinden, ohne dass ebensoviel Wärme austritt, als wieder zum Schmelzen des Eises, zum Lösen der Krystalle eintreten müsste. Demnach ist jede Cohäsionszunahme mit Wärmeentwicklung verknüpft. Wir sehen den Thonschlamm der Flüsse im Meere, den Sand der Dünen, die lockern Gehäuse der Foraminiferen im Laufe der Zeit zu Thonschiefer, Sandstein, Kalkgebirgen erstarren, und es entspricht diesem Vorgange eine langsam wirkende aber ewig dauernde Wärmeentwicklung, denn die verdichtenden, kittenden Stoffe waren gelöst in meteorischem Wasser, dessen Wärme von der Sonne abstammt, und sind in feste Gesteine übergegangen. Ebenso findet eine ewig dauernde Bildung der krystallinischen Silicate durch infiltrirte, mittelst Sonnenwärme gewärmte Flüssigkeiten statt, und in der Bildung dieser Gesteine liegt der hauptsächlichste Grund zu den Hebungen der Erde zu Gebirgen. Kein Land kann sich senken, ohne einen entsprechenden Wärmeeffect zu erzeugen, kein Land kann sich heben, ohne im Innern eine entsprechende Cohäsionszunahme und Wärmeentwicklung zu bergen. Nun sehen wir aber, dass Land und Meer im ewigen Wechsel stehen, dass die auf dem Festlande befindlichen Kalkgebirge, Sandsteinberge, Steinsalz- und Steinkohlenlager unzweifelhaft vom Meere abstammen, und in ihm entstanden sind, und dies ist ohne eine entsprechende Wärmeentwicklung nicht denkbar. Der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung ist unverkennbar. Die Temperatur der von aussen eindringenden Flüssigkeiten stammt von der Sonne; die Wirkung derselben in Steinbildung und Steinzerstörung als Wärme bleibt in der Erde, und so ist alle innere Erdwärme mittelbar von der Sonne abstammend, sie ist: Arbeit der Sonne, und stammt durch die

Sonne, wie alle Kraft, von jenem ungeheuren Vorrath von Kraft her. der als Licht und Wärme im Weltraum im Kreislauf ist.

Die herrschende geologische Schule erklärt die Erdwärme gar nicht, sondern nimmt sie als gegeben an, indem sie den ganzen innern Erdkern als noch im schmelzflüssigen Zustande befindlich ansieht. Höchstens ist sie mit einem Rückblick auf die Laplace'sche Theorie beruhigt, welche ihr den gasförmigen Zustand des Sonnensystems gewährt, also weitaus den schmelzflüssigen.

Durch die einfache Thatsache, dass der Granit und alle natürliche Silicate niemals geschmolzen gewesen sein können, fällt diese ganze Sicherheit zusammen. Von Bischof wurde die Lehre von der Erdwärme im obigen Sinne in einer Preisschrift und in einem besonderen Werke bearbeitet, jedoch zu einer Zeit, als er, wie er selbst zugibt, noch der plutonistischen Lehre anhing. Unterdessen wurden gerade von ihm die Säulen dieser Lehre unterhöhlt und dann umgestürzt. Mit der nassen Bildung des Granits hat Bischof aber auch seine Wärmelehre umgestürzt, und es ist aus seiner Geologie, von deren zweiter Auflage jetzt 2½ Band vorliegen, gar nicht zu ersehen, wie er seine jetzige Ansicht mit der früheren Wärmelehre, die ein etwas mathematisches Kleid hatte, in Einklang gebracht hat. Hier und dort werden die oben genannten Schriften über die Wärmelehre noch citirt, aber nicht näher besprochen, und dennoch können beide Lehren nicht nebeneinander bestehen.

Erdbeben.

Eine in der Entwicklung der Erde sich von Zeit zu Zeit wiederholende Erscheinung sind die Erdbeben: Erschütterungen einzelner Theile der Erdoberfläche, welche bis zum Herabstürzen von Felsen, Zertrümmerung menschlicher Gebäude, im Ganzen unbedeutenden Veränderungen der Erdoberfläche gehen. Die Zurückführung dieser Erscheinungen auf ihre Ursache ist von je eine Aufgabe der Geologie gewesen und es haben die Ansichten darüber auch mit den jedesmal geltenden Grundansichten der Geologen gewechselt. Mit dem Durchgreifen der plutonistischen Ansicht wurden die Erdbeben auf dieselbe Ursache des feuerflüssigen Zustandes im Innern der Erde zurückgeführt, und das Eindringen von Wasser in den feurigen Heerd und die daraus durch Dampfspannung entstehende Gewalt als Ursache in Anspruch genommen. Das steht vor Allem fest, dass das Erdbeben in einer Bewegung besteht, und dass jede Bewegung eine bewegende Kraft voraussetzt und diese

suchte die herrschende Schule im Dampfe oder in der Kohlensäure. Dabei trat nun immer die Schwierigkeit ein, dass die Kraft, welche stark genug war die Erdschichte zu heben, nicht stark genug war dieselbe zu durchbrechen, sondern dass gleich nach der Erscheinung wieder vollkommene Ruhe eintrat. Eine Bewegung durch gebildeten Wasserdampf konnte nicht anders als durch Hebung der überlagernden Schichten statt finden und dies konnte bei der Sprödigkeit der Erdschichten und bei der Schnelligkeit der Erscheinung nicht ohne Bruch vor sich gehen. Gleichwohl hat man weder eine bedeutende Hebung noch eine Bruchstelle bemerkt. Wenn der gespannte Wasserdampf stark genug war die Erdschichten zu heben und zu brechen, so musste er entweichen und damit wieder das Herabsinken eintreten. Allein auch dies ist niemals beobachtet worden.

Nimmt man an, dass bei der allmäligen Erhitzung des Wassers im Heerde es zu einer bestimmten Zeit heiss genug geworden sei, um durch Dampfbildung die Erde zu heben, so musste diese Hebung langsam anfangen, da eine explosionartige Dampfbildung ohne Explosion undenkbar ist. Nur das Zurücksinken der Erde in ihre frühere Lage konnte eine Erschütterung bewirken. Da aber der Dampf nicht ausbrechen konnte und nicht ausgebrochen ist, so leuchtet nicht ein, aus welchem Grunde wenige Augenblicke nach der Dampfbildung derselbe Dampf wieder zusammenfallen sollte, um dann wieder eine lange Reihe von Jahren Stillstand zu haben.

Wenn man von diesem Standpunkte aus die Erdbeben zu erklären versucht, so verwickelt man sich in eine Reihe von Widersprüchen und Unmöglichkeiten, dass der Ausdruck Babinet's, die Erklärung der Erdbeben durch Dampfhebung wäre ein grosser physikalischer Irrthum gewesen, als gerechtfertigt erscheint.

Von Seiten der Physik des Dampfes können wir die Frage in Erörterung ziehen, ob der Wasserdampf überhaupt bei der nach dem Innern der Erde zunehmenden Temperatur von 1°C für 100 Fuss jemals im Stande wäre, die Erde zu heben. Da tritt uns sogleich die Schwierigkeit entgegen, dass wir die Beziehungen zwischen Spannung und Wärme nur auf nahe 23½ Atmosphären genau kennen, und dass nach Egen*) jede Formel auf eine über die Versuchsreihe hinausgehende Höhe berechnet, zu Irrthümern führt. Diesem Irrthum sind wir ebenfalls bei einer versuchsweisen Berechnung ausgesetzt. Nehmen wir die aus den Versuchen der französischen Akademiker Arago und Dulong, als den zuverlässigsten, hervorgehende Formel**), so entspricht (Müller's Lehrbuch der Physik, 6. Aufl. II, S. 626) einer Spannung von 1000 Atmosphären eine Temperatur von 516,76°C. Diese Temperatur würde nach

*) Pogg. Annal. 27,9.

**) $e = (1 + 0{,}007153\,[t-100])^5$, wo e = Spannung in Atmosphären, t = Temperatur in Graden Centes.

der Zunahme der Wärme von 1°C für 100 Fuss (mit Vernachlässigung der couche invariable) eine Tiefe von 51676 Fuss voraussetzen, und setzen wir 32 Fuss Wasser = 1 Atmosphäre, so haben wir auf dieser Tiefe einen Wasserdruck von $\frac{51676}{32}$ = 1615 Atmosphären. Nun hat aber die Erde im Durchschnitt das spec. Gewicht 2,5 bis 2,7; es würde also der wirkliche Erddruck bei der kleinsten Zahl = 4037½ Atmosphäre sein. Allein zu diesem Drucke kommt noch die Cohäsion einer 51676′ dicken Erdschichte hinzu, denn die Erde kann nicht gehoben werden, ohne von dem danebenstehenden und ruhig verbleibenden Theil abzubrechen. Diese Cohäsion können wir nicht schätzen; sie ist aber dem Gewichtsdruck mindestens gleichzustellen, wenn nicht noch bedeutend mächtiger. Es wäre dann auf der genannten Tiefe ein Druck von 8000 Atmosphären zu überwinden, während die Dampfspannung nur 1000 Atmosphären beträgt. Unter solchen Umständen ist eine Hebung unmöglich. Bei zunehmender Temperatur steigt die Dichtigkeit des Dampfes und es gibt eine Temperatur, wo das spec. Gewicht des Dampfes gleich dem des Wassers ist, ein Punkt, der bei Kohlensäure und Aether (Cagniard de la Tour) schon erreicht worden ist. Von diesen Punkten kann die Dampfspannung in keinem andern Verhältnisse, als dem der Spannung der permanenten Gasarten in einem nicht nachgiebigen Raum, zunehmen, und ist also von hier an kaum mehr eine bedeutende Zunahme der Kraft zu erwarten. Man ersieht also leicht, dass die Theorie der Hebungen durch Dämpfe, sowohl bei Erdbeben als Gebirgen, in der Physik des Dampfes nicht die kleinste Stütze findet, sondern vielmehr als unrichtig aufgegeben werden muss. Die Erklärung der Erdbeben muss also in einer andern Weise versucht werden. Dies ist von Volger mit Erfolg geschehen. In seinem Werke über die Erdbeben in der Schweiz *) im Jahre 1855 hat er nicht nur alle Thatsachen aufs genaueste gesammelt, sondern auch eine Theorie entwickelt.

Zu jeder Bewegung ist ein Raum nothwendig, denn Bewegung ist Wechsel des Orts. Ein Hohlraum muss vorhanden sein, wenn durch Bewegung eine Erschütterung entstehen soll. Solche Hohlräume entstehen in der Erde durch Auswaschungen. Entweder sind die Hohlräume zusammenhängende, wie wir sie in den Höhlen finden, oder sie hängen nicht zusammen, wie die Zwischenräume eines durch Auswaschungen geschwächten Gesteines. Beide können zu Erdbeben Veranlassung geben. In einem zusammenhängenden Hohlraume können Theile des Gewölbes sich loslösen und herunter stürzen und durch den Stoff der Erde eine Erschütterung der Erdfeste bis auf bedeutende Entfernung veranlassen. Das ausgewaschene Gestein, der Faulberg, kann

*) Dr. Otto Volger, Untersuchungen über das Phänomen der Erdbeben in der Schweiz. 3 Bde. Gotha 1856. 1857.

durch Rucken sich verdichten, bis es dem Drucke wieder gewachsen ist. In beiden Fällen wird eine dem mechanischen Moment entsprechende Wärmeentwicklung statt finden, bei den massigen Blöcken an der Aufschlagstelle, bei dem ruckweisen Zusammensinken an allen Stellen der Verdichtung. Der Aufschlag einer fallenden Masse erzeugt eine Schwingung in jedem elastischen Körper. Diese Schwingung besteht in einer Verdichtung der zunächst getroffenen Stelle, welche sich durch Ausdehnung den benachbarten Theilen nach den Gesetzen der Wellenbewegung mittheilt. Die Geschwindigkeit dieser Fortpflanzung ist eine ganz bestimmte, von der Elasticität abhängige. Bei gleichen Verhältnissen ist die Art der Fortpflanzung einer Erdwelle ganz genau dieselbe, wie die Fortpflanzung des Schalles in der Luft. Alle Wellen pflanzen sich in demselben Mittel mit gleicher Geschwindigkeit fort, wie gross auch immer die Entfernung aus dem Ruhepunkte war. Die Amplitude der Schwingung (Stärke des Schalles, Höhe des Wasserbergs, Entfernung der Saite aus der geraden Linie) hat mit der Schnelligkeit der Fortpflanzung nichts zu schaffen. Je stärker die Erschütterung war, desto ausgedehnter wird der Erschütterungskreis, bis sie zuletzt nicht mehr wahrnehmbar ist. Aber der ganze mechanische Effect muss in Wärme umgesetzt werden, so wie auch der Schall schliesslich in Wärme übergeht. Ein leichter Duft verschwindet durch eine starke Canonade vollständig, indem sich die Duftbläschen in der wärmer gewordenen Luft auflösen (Schlacht bei Trafalgar).

Die Erdbeben sind deshalb die ewig wiederkehrenden Vermittler der innern Erdwärme, und so lange die Sonne scheint und Wolken über die Erde trägt, können sie niemals ganz ausgehen. Ein Erdbeben kann in einer blosen Erschütterung bestehen; es kann aber auch eine Veränderung der Erdoberfläche dadurch entstehen, und diese ist dann immer eine Senkung. Zufällige Erhebungen sind auch dabei vorgekommen aber nur mit einer grösseren Senkung verbunden. Bei vorwaltender Hebung würde ein Hohlraum haben entstehen müssen, was gegen den Lauf der Dinge ist.

Bei dem Erdbeben in Lissabon am 1. Nov. 1755 wurde ein unterirdischer Stoss wahrgenommen, welcher den grössten Theil der Stadt niederwarf. Das Meer zog sich erst zurück und legte das Ufer trocken; dann kam es zurück und rollte 50 Fuss höher als im gewöhnlichen Zustand. Von den benachbarten Gebirgen rollten ungeheure Felsblöcke in die Thäler herunter. Viele Menschen hatten sich auf ein neues aus Marmor gebautes Kay geflüchtet, um aus dem Bereiche der stürzenden Häuser zu kommen. Plötzlich sank das ganze Ufer mit dem Kay ins Meer hinab und nicht eine einzige Leiche kam wieder zum Vorschein. Ebenso wurden Boote, auf welche sich Menschen geflüchtet hatten, wie in einen Strudel eingeschlürft, und auch von ihnen ist kein Bruchstück wieder ans Tageslicht gekommen. Die Tiefe des Tajo ist an dieser Stelle 600 Fuss.

Die grosse Welle wurde zu Cadix, Tangier, Funchal und von vielen Schiffen auf dem Meer verspürt, und die Erschütterung fast durch ganz Europa. Gleichzeitig am 1. Nov. 1755 wurden die Schweizer Seen und das Meer an den schwedischen Küsten heftig bewegt, selbst in den Antillen, um Martinique, Antigua und Barbados, wo die Fluth nie über 28 Zoll erreicht, stieg sie plötzlich 20 Fuss hoch. Dass ein Erdbeben ein zweites an einem andern Orte verursachen könne, ist nach der vorliegenden Ansicht leicht denkbar, denn lose hängende aber noch durch Adhäsion getragene Felsstücke können durch die Erschütterung sich lösen und selbst eine neue Erschütterung bewirken. In der That ist dieser Fall bereits sehr oft vorgekommen.

Dass Erschütterungen von selbst kleinen Massen einen weiten Kreis einnehmen, kann man aus vielen Ereignissen erkennen. Als eine grosse Glocke zu Münster in Westphalen von ihrer Aufhängstelle in den Thurm herabfiel, nahm man die Erschütterung zur selben Stunde in Ibbenbühren (etwa 4 Meilen gerader Entfernung) wahr und hielt sie für ein Erdbeben. Der grosse Dampfhammer von Hrn. Krupp in Essen, von 1000 Centner Gewicht und 10 Fuss Hub, erregt eine solche Bodenerschütterung, dass im Krupp'schen Hause, in einer Entfernung von mehreren hundert Klaftern, der Eindruck dem Schusse einer Kanone schwersten Kalibers gleicht und dass alle Fenster des Hauses erdröhnen. Der Stoss im Boden wurde eine Secunde später als der Schall durch die Luft wahrgenommen (Adam Burg). In einem Umkreis einer halben Meile fallen den Umwohnern Schüsseln und Gefässe von den Küchenbrettern, wenn der grosse Hammer geht. Das mechanische Moment für einen Schlag ist nach obigen Angaben 1 Million Fusspfund und der thermische Effect gleich 714 Pfund Wasser um 1°C. erwärmt. Die Unterlage dieses Hammers in der Erde wiegt 30000 Centner an Eisen.

In einem Steinbruch verspürt man das Umkippen der Steinblöcke auf einem ansehnlichen Umfang als Erschütterung in den Füssen. Es leuchtet also ein, dass es nur noch grösserer Massen bedarf, um die Wirkung auch in grössere Ferne merkbar zu machen.

Vom Grundsatz der gespannten Wasserdämpfe ausgehend, haben die plutonistischen Geologen die heissen Wasserquellen als Sicherheitsventile und Schutzmittel gegen Erdbeben angesehen. Von unserer Ansicht ausgehend, müssen wir sie eher als Veranlassungen dazu betrachten, weil sie Aushöhlungen in der Erde machen. Die ungeheure Gypslieferung der Quellen des Leuker Bades, des Brieger Bades, des Rothbaches bei Saas im Grund und anderer Quellen des Landes sind, nach Volger*), Gypsschichten entnommen, welche im Rhonethal an mehreren Stellen zu Tage kommen, und welche ihrer Lagerung nach, unter dem Grunde der südlichen Wallisthäler, ins besondere des Gorner-, Visp- und Nicolaithales bis zu Tiefen einer Meile hinabsteigen. 1/4 Quadratmeile dieses Ge-

*) Erde und Ewigkeit S. 260.

birges lastet mit einer Wucht von 184 Billionen Pfunden. Durch die Wasserlieferung der einzigen Lorenzquelle des Leuker Bades muss hier binnen 6 Jahrhunderten ein Hohlraum entstehen, welcher gleichmässig gedacht einen Fuss hoch sein würde. Es ist daher begreiflich, wenn in Wallis von Zeit zu Zeit Erdbeben sich ereignen.

In gleicher Art ist die Gegend von Brussa in Kleinasien mit reichen Gypsquellen versehen, und in demselben Jahre 1855 litt Brussa furchtbar unter einer Reihe von Erdbeben. Ebenso hat man niemals gehört, dass die Gegend von Karlsbad oder Wiesbaden weniger von Erdbeben heimgesucht sei, als andere in einiger Entfernung liegende Gegenden. Volger hat für die Schweiz 1230 genau aufgezeichnete Erdbeben in seinem oben genannten Werke angeführt und daraus den Schluss gezogen, dass die Erdbeben Ereignisse sind, welche in Gegenden von gewisser Beschaffenheit des Schichtengebäudes durch Einflüsse hervorgerufen werden, die mit der Witterung auf das innigste zusammenhängen; und dass diese Beschaffenheit vorzugsweise in dem reichlichen Vorhandensein von Kalk- und Gypsschichten beruht.

Der Zusammenhang mit den Jahreszeiten ist einigermassen unsicher; denn wenn auch die feuchtere und regnerische Jahreszeit die Ursachen der Erdbeben, nämlich Infiltration von Wasser und Auswaschen, in höherem Maasse darbietet, so ist doch die Wirkung dieser Kräfte nicht so rasch anzunehmen. Wir sehen an den aus der Tiefe kommenden warmen Quellen den Einfluss der Jahreszeiten gänzlich verschwunden, und so dürfte auch die Wirkung auf die Erdbeben wohl um die Länge einer Jahreszeit verspätet eintreten, wodurch dann jede Beziehung unsicher würde. Perrey fand von 2979 Erdbeben 705 auf den Herbst, 911 auf den Winter, 710 auf den Frühling und 653 auf den Sommer fallen. Hier scheint allerdings ein Uebergewicht auf Seiten des Winters zu liegen, jedoch im Ganzen ein so schwaches, dass ein ursächlicher Zusammenhang damit mehr als zweifelhaft ist. Die Tageszeiten und der Zustand der Atmosphäre haben gewiss gar keinen Einfluss auf die Erdbeben, und wenn sich auch bei der Vertheilung der Erdbeben auf die Tageszeiten ein Unterschied herausstellen sollte, so wäre es doch eben so unwahrscheinlich, dass die Erdbeben ganz gleich auf den ganzen Tag vertheilt sein sollten, selbst wenn Tag und Nacht nicht den geringsten Einfluss hätten. Bei solchen Beziehungen, wie auch bei dem Einflusse des Mondes auf Regentage und Regenmenge, kann ein kleiner Unterschied der Zahlen nicht als beweisend angenommen werden, wenn auf eine ursachliche Beziehung geschlossen werden soll. Wenn dagegen, wie bei dem Hagel, nur 1 $\frac{0}{0}$ der Erscheinung in die Nacht, und die andern alle auf den Tag, und vorzugsweise auf den Nachmittag fallen, so ist ein Zusammenhang schon eher bewiesen.

Ich verzichte darauf, haarsträubende Einzelnheiten von merkwürdigen Erdbeben aufzuzählen. Der Stoff ist überwältigend aber häufig durch die unklare Anschauung der Zeugen getrübt. Nur von einem

grossen Erdbeben, welches die Stadt Concepcion am 20. Februar 1835 zerstörte, will ich einige Nachrichten mittheilen, weil sie von einem Augenzeugen und keinem geringeren als Charles Darwin selbst herrühren. Er erlebte das Erdbeben selbst bei Valdivia in einem Walde und hatte sich zur Ruhe hingelegt. Das Erdbeben kam plötzlich und dauerte zwei Minuten, aber die Zeit schien viel länger zu sein. Das Schwanken des Bodens war sehr fühlbar. Die Richtung der Schwingung wurde von den Anwesenden ganz verschieden beurtheilt. Man hatte keine Schwierigkeit aufrecht zu stehen, aber die Bewegung machte fast schwindeln. Es war wie die Bewegung eines Schiffes im kurzen starken Wellenschlag oder noch ähnlicher, wie wenn Jemand über dünnes Eis Schlittschuh läuft, das sich unter dem Gewicht seines Körpers biegt. Capitain Fitzroy und die Officiere waren in der Stadt Valdivia und dort war die Scene Schrecken erregend. Obgleich die von Holz gebauten Häuser nicht umfielen, so krachten und rasselten doch die Balken und Bretter. Am 22. Februar segelte der Beagle von Valdivia ab und fuhr am 4. März in den Hafen von Concepcion ein. Auf der Insel Quiriquina erhielten sie die Nachricht von dem grossen Erdbeben des 20. Februar, dass kein Haus mehr in Concepcion und Talcahuano, der Hafenstadt, stände, dass 70 Dörfer zerstört worden seien und dass eine grosse Welle die Ruinen von Talcahuano weggespült habe. Wir (Darwin's Worte) sahen bald hinreichende Beweise für die Wahrheit dieser letzteren Thatsache; die ganze Küste war mit Holz und Möbeln überstreut, als wenn tausend Schiffe gestrandet wären. Mehrere Dächer von Häusern waren im vollständigen Zustande weggespült worden. Die Waarenhäuser von Talcahuano waren eröffnet worden und grosse Säcke von Baumwolle, Yerba und andern Waaren lagen am Ufer umher. Felstrümmer mit den anhängenden Seeproducten zeigten, dass sie noch kurz vorher im tiefen Wasser mussten gelegen haben. Der Boden der Insel war an vielen Stellen gespalten und klaffte eine Elle breit. Der Anblick beider Städte, Concepcion und Talcahuano, war schreckenerregend. Die Trümmer waren so unter einander geworfen, und die Stadt bot so wenig das Ansehen eines bewohnten Platzes dar, dass es kaum möglich war sich sein voriges Aussehen ins Gedächtniss zurückzurufen. Das Erdbeben begann um ½11 Uhr Morgens; hätte es in der Nacht statt gefunden, so würde die grössere Zahl der Einwohner statt nur weniger als 100 umgekommen sein. In Concepcion stand jedes Haus oder jede Häuserreihe als ein Haufen oder eine Reihe Ruinen für sich; aber in Talcahuano konnte in Folge der grossen Wellen nichts weiter als eine Lage von Ziegelsteinen, Backsteinen und Balken unterschieden werden. Der Anblick von Concepcion war deshalb schrecklicher, obgleich es nicht so vollkommen verwüstet war. Der Mayor-domo von Quiriquina sagte, dass für ihn die erste Nachricht, die er von dem Erdbeben erhielt, die war, dass er mit seinem Pferde auf der Erde herumrollte. Als er aufstand, wurde er nochmal nieder-

geworfen. Durch die grosse Welle wurden 70 Stück Rindvieh weggespült und ertranken. Der englische Consul, Herr Rous verliess bei der ersten Bewegung sein Haus. Kaum hatte er die Mitte des Hofes erreicht, als eine Seite seines Hauses krachend niederfiel. Da er nicht gehen konnte, so kroch er mit Händen und Füssen auf die Trümmer, wo er am sichersten zu sein glaubte; kaum hatte er diese erreicht, so fiel auch der andere Theil des Hauses ein, und die grossen Balken kamen ihm nahe am Kopf vorbei. Halb blind und erstickt von Staub, der den Himmel verdunkelte, kam er endlich auf die Strasse. Ein Stoss folgte auf den andern in der Zeit von wenigen Minuten, und Niemand wagte sich den Trümmern zu nähern. Die Dächer fielen über die Feuer und überall brachen Flammen aus.

Capt. Fitzroy hat eine Beschreibung der grossen Welle gegeben, die vom Meere kommend über Talcahuano einbrach. In der Bucht sah man sie als eine ungeheure Schwellung des Wassers; aber wo sie Widerstand fand, rollte sie sich über, riss Häuser und Bäume weg, als sie mit allgewaltiger Kraft weiter stürzte. Dreimal kam diese Welle über die Stadt hin und zerstörte sie gänzlich. Grosse Pfützen von salzigem Wasser waren noch auf den Strassen übrig. Das Wasser der Bucht wurde schwarz und hauchte einen Schwefelgeruch aus, was auch 1822 bei dem Erdbeben in Valparaiso bemerkt worden war. Dies kam wohl von dem Aufrühren der Moderstoffe auf dem Boden des Meeres; und so bemerkte auch Darwin später im Hafen von Callao, dass ein schleifender Anker seinen Weg durch Aufsteigen von Luftblasen (Grubengras) bezeichnete.

In fast jedem heftigen Erdbeben, das beschrieben worden ist, soll das benachbarte Meer sehr bewegt gewesen sein. Wenn man Darstellungen von Erdbeben liest, und besonders der auf der Westküste von Amerika, wie sie von Sir W. Parisch*) aus verschiedenen Schriftstellern zusammengestellt sind, so ist es gewiss, dass die erste grosse Bewegung der Wasser das Zurückziehen derselben ist.

Dieser letzte Satz ist wörtlich aus Darwin (II, 70) entnommen. Er gibt sich nun viele Mühe eine Erklärung dafür zu finden, was ihm aber nicht gelingt, weil er noch mit der Hebungstheorie durch Dämpfe befangen ist. Darnach müsste freilich die Wasserbewegung mit einer Schwellung und nicht mit einer Senkung beginnen. Trotzdem dass ihm diese Thatsache unbequem ist, gibt er sie, als ächter Naturforscher, redlich an, und das Unhaltbare ist nur in seiner Erklärung. „Die ganze Erscheinung ist meiner Ansicht nach, sagt Darwin, von einer gewöhnlichen Undulation des Wassers abhängig, die von einer etwas entfernten Linie oder einem Punkte der Erschütterung ausgeht. Es scheint in

*) Manuscript, gelesen in der geologischen Gesellschaft am 5. März 1835.

der That ein allgemeiner Umstand zu sein, dass in allen Fällen, wo das Gleichgewicht einer Wellenbewegung auf diese (?) Weise gestört wird, das Wasser von der Widerstand leistenden Oberfläche hinweggezogen wird, um die fortschreitende Schwallfluth zu bilden etc." Wie unklar und ganz im Widerspruch mit den Gesetzen der Bewegung sind diese Erklärungen? Wasser kann nicht von einer Widerstand leistenden Bewegung weggezogen werden, sondern die Ursache der Bewegung kann nur die Schwerkraft in irgend einer Form sein. Die einfache und allein mögliche Erklärung ist die, dass das Erdbeben mit einer Senkung des Meeresbodens beginnt. Dazu haben wir keine andern Kräfte, als die Schwere und keine Vorbereitung als ein durch Auswaschen geschwächtes Schichtengebäude nothwendig.

Es könnte kaum eine Thatsache erfunden werden, welche die Bodensenkung schlagender bewiese, als dieses erste Zurücktreten des Meeres. Dazu kommt noch eine andere Thatsache, welche bis jetzt noch nicht berührt wurde. Die Welle kommt einige Zeit nach der Erschütterung (Darwin l. c. S. 71). Das ist einleuchtend.

Die Einsenkung der Meeresoberfläche findet gleichzeitig mit dem Senken des Bodens statt. Die Erschütterung läuft so gleich durch das Schichtengebäude mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erde, die noch nicht genau gemessen ist, aber, nach Burg's angeführter Beobachtung (S. 304) etwas geringer ist, als die Schallbewegung in der Luft. Das Wasser bewegt sich mit der Geschwindigkeit der Wasserwellen, die gegen die Schallbewegung sehr gering ist. Die Ankunft der grossen Welle findet also nach der Erschütterung erst in einer Zeit statt, wo die Wasserwelle zweimal den Weg vom Ufer bis in das Centrum der Senkung zurückgelegt haben kann, weniger der Zeit, welche die Erschütterung in der Erde nothwendig hatte, um durch das Schichtengebäude bis ans Ufer fortzuschreiten. Kännte man genau die Schnelligkeit der Wasserwellen, und für einen besonderen Fall die Zeit der Schwallwelle nach der Erschütterung, so könnte man die Entfernung des Centrums der Senkung daraus berechnen; allein in solchem Augenblicke ist wohl die Aufmerksamkeit auf andere Dinge gerichtet und auch die passenden Persönlichkeiten sind nicht vorhanden.

Für das erste Zurückweichen des Meeres ist ein noch älterer Fall notirt. Strabo erzählt, im fünften Buch seiner Geographie, von der Insel Pithecusä, dem jetzigen Ischia, „dass der darauf befindliche Epomeische Hügel (jetzt Epomeo) durch ein Erdbeben erschüttert, Feuer gespieen habe, und das Wasser des Meeres ungefähr drei Stadien vom Ufer zurückgewichen, aber kurz darauf mit der Fluth zurückgekehrt und die Insel überschwemmt habe." Dies beweist, dass die Ursache der Erhebung von Ischia fern im Meer gelegen habe.

Darwin sucht auch die Ursache der Störung in dem Boden des Meeres in südwestlicher Richtung, von wo man die Welle kommen sah, nur hält ihn seine Stellung als Plutonist ab, den wahren Grund zu fin-

den, welcher die Störung mit einer Einsenkung statt mit einer Hebung des Meeresbodens beginnen lässt. Bei vielen Erdbeben sind ganz entschieden Hebungen des Landes eingetreten, die man beobachten konnte. Im letztgenannten Falle von Concepcion hat Capt. Fitzroy eine Erhebung des Landes constatirt. Er besuchte zweimal die Insel Santa Maria, um jeden Umstand aufs genaueste zu untersuchen und ist über die Erhebung nicht im Zweifel geblieben.

Bei dem grossen Erdbeben am 19. Nov. 1822 wurde der Stoss auf eine Ausdehnung von 1200 engl. geographischen Meilen (= 300 deutschen geogr. Meilen) von Süden nach Norden verspürt. Die Gegend um Valparaiso war auf eine Ausdehnung von 100 Meilen erhoben, bei Valparaiso um 3 Fuss, bei Quintero um 4 Fuss. Ein Theil des Seebodens blieb selbst bei Hochwasser trocken mit Austern-Muscheln an Felsblöcken hängend, an denen sie angewachsen waren und verbreiteten schädliche Ausdünstungen. Dr. Meyen, welcher Valparaiso 1831 besuchte, bestätigte die Erhebung der Küste um 4 Fuss. Die entgegengesetzte Behauptung des Conchyologen Cuming scheint nicht stichhaltig zu sein, da auch die Sondirungen im Hafen von Valparaiso ein seichteres Meer ergaben. Auf der andern Seite wurden eben so viele Senkungen wahrgenommen.

Callao, die Hafenstadt von Lima, war 1746 durch ein Erdbeben und die dasselbe begleitende Welle (Darwin II, 143) zerstört worden. Eine Masse von Steinschutt verbarg noch das Ufer als es Darwin 1835 besuchte. Es wurde behauptet, dass sich das Land damals gesenkt habe; und Darwin stimmt diesem bei, indem er sagt, dass kein Mensch von Verstand jemals einen Ort zum Bauplatz gewählt haben könnte, wie jene schmale Landzunge voll Trümmergestein, auf denen noch die Ruinen von Callao stehen. Also unbestritten fanden Hebungen und Senkungen statt. Die Senkungen erklären sich natürlich als Ausfüllungen von Hohlräumen oder Senkungen eines morsch gewordenen Gesteines und so auch als die Quelle der Erschütterung und die Ursache der Wärmeentwicklung. Die Hebungen sind dann nothwendige Folgen der Senkungen und Herausquetschungen in Folge des Stosses und der durch das Sinken thätig gewordenen lebendigen Kraft, und demnach in ihrem cubischen Inhalt geringer als die Senkungen. Dafür spricht, dass Hebungen zugleich mit jenen Wellen des Meeres entstanden sind, welche nur von einer Senkung entstehen konnten. So bei dem Erdbeben von Concepcion, wo die Senkung im Meere lag, wie die Schwallwelle zeigte, das Land aber selbst am Rande des Senkungsfeldes lag und herausgedrückt wurde. Es ist nun die Frage, ob wir uns die auszufüllenden Hohlräume leer oder mit Wasser angefüllt vorstellen sollen. Unter dem Meeresboden dürfte nur die letzte Annahme zulässig sein, das Wasser als nicht zusammendrückbar, leistet in umschlossenen Räumen eben so gut Widerstand als ein festes Gestein, dagegen vermittelt es den Druck nach allen Richtungen des Raumes. Ein mit Wasser

gefüllter Hohlraum, welcher von einem ausgedehnten Meeresboden gedrückt wird, übt diesen Druck eben so gut nach oben als nach unten aus. Bricht die deckende Schichte an einer Stelle durch, so entweicht hier das Wasser unter dem Drucke der nebenlagernden Schichten und die Senkung kann eintreten. Wir kommen darauf im folgenden Capitel zurück.

Der Stoss entsteht durch das Aufsitzen der bewegten Masse auf dem nicht mehr nachgebenden Erdkern, und indem die Schichten durch den Stoss an mehreren Stellen zerreissen und dort die eingeschlossenen Wassermassen entweichen, bilden sich die mehrere Minuten dauernden Erschütterungen aus. Nach dem Ausgleichen der Bewegung tritt wieder Ruhe ein. Die gleichzeitige Wärmeentwicklung durch Umsetzen von Kraft muss ungeheuer sein, weil nicht nur die Schichten selbst, sondern auch das überlagernde Meer in Bewegung und dann wieder in Ruhe kommen. Waren die bewegten Felsmassen Silicate und also schmelzbar, so entstand ein spitzes Gebirge, wie sie zu Hunderten noch als vulkanische Producte in den Meeren stehen.

Eine der merkwürdigsten Wirkungen übte das grosse Erdbeben aus, welches am 16. Juni 1819 die Provinz Cutch im Indus-Delta heimsuchte und die Hauptstadt Bhuj mit ihrer von Sultan Ahmed erbauten, 450 Jahre alten Moschee in einen Schutthaufen verwandelte. Es wurde nämlich ein zu beiden Seiten des östlichen Indusmeeres gelegener Landstrich von 80 geographischen Quadratmeilen Fläche durch Senkung des Bodens innerhalb weniger Stunden in einen See verwandelt, und das Bett dieses Flussarmes, den man bei Luckputt zur Ebbezeit durchwaten konnte, vertiefte sich so, dass es bei Ebbe 18 Fuss Wasser hielt. Das Fort Sindree auf einer Insel im Fluss versank bis zu den Spitzen der Mauern. Gleichzeitig da diese Senkungen statt fanden, hob sich etwa eine geographische Meile nördlich von Sindree ein Landstrich, der in Form eines von Osten nach Westen laufenden Dammes quer über den östlichen Indusarm setzte und eine Länge von 10 geographischen Meilen besass. Noch eine Menge ähnlicher Fälle sind von Lyell und von Hoff gesammelt.

Zur Bestätigung mögen hier noch einige wörtliche Anführungen folgen, welche aus berühmten Reisewerken entnommen sind.

Anderson berichtet in der Weltumsegelung der Fregatte Eugenie S. 79: „Das Erdbeben erschütterte den Boden zu Callao, so dass die Häuser einstürzten. Das Meer zog sich so weit zurück, dass der Hafen weit hinaus trocken ward, kam aber als eine ungeheure Woge zurück, die in ihrem Fortschritt Häuser und Menschen sammt allem, was in den Weg kam, verschlang, Fahrzeuge zerschmetterte, ja, wie berichtet wird, ein Schiff weit auf das Land nach einem Dörfchen Bellavista hinführte, wo ein eisernes Kreuz noch das Andenken an diese seltsame Begebenheit bewahrt. Von dem alten Callao sieht man jetzt keine Spur, aber bei stillem Meere soll man an der Küste Mauern und Gebäude

unter der Meeresfläche erblicken können. Der Boden, worauf die Stadt stand, ist jetzt ein ungeheurer Hafen voll Schutt und Ziegelsteinbruchstücken."

Von einem Erdbeben an der Küste von Chili sagt d'Acosta 1590 in seiner Historia natural y moral de las Indias: „Es bewirkte, dass das Meer auf einige Seemeilen aus seinem Bette trat und Schiffe weit landeinwärts aufs trockne setzte."

1586. Juli 9. Erdbeben zu Lima: „Das Meer erhob sich wie früher an der Küste von Chili, stieg nach dem ersten Stosse mächtig aus seinem Bett, brach über die Küsten herein, fast zwei Leguas landeinwärts, alles überschwemmend und Sträucher und Bäume mit sich fortreissend."

1687. October 20. Erdbeben zu Lima: „Bei der zweiten Erschütterung zog sich das Meer bedeutend vom Ufer zurück, kehrte aber in berghohen Wogen zurück, Callao und die benachbarten Orte mit seinen unglücklichen Bewohnern gänzlich überfluthend."

Lionel Wafer fand 3 Grade nördlich von Callao hinter einer Anhöhe in einem Thale die Wracke dreier Schiffe von etwa 60 bis 100 Tonnen liegen und hörte, dass dieselben 9 Jahre zuvor (1678) während eines Erdbebens durch die Meereswogen dahin geführt worden seien, und zwar über die Stadt weg, die damals auf dieser Anhöhe stand.

Im Jahre 1746 wurden bei dem grossen Erdbeben von Lima 23 Schiffe, die im Hafen lagen, fortgerissen und zum Theil in grosser Entfernung von der Küste auf das Land gesetzt.

Noch mehr Fälle der Art in Pogg. 37,445.

Ferner Meyen in seiner „Reise um die Welt 1831" S. 384: „Erdbeben sind in Copiapó wohl häufiger als in irgend einem andern Theile von Südamerika, denn 6 bis 7 Erderschütterungen innerhalb 24 Stunden waren zur Zeit unserer Anwesenheit daselbst sehr gewöhnlich. Man muss wirklich erst durch Gewohnheit mit dieser Erscheinung innig vertraut geworden sein, um des blosen Gewinnes wegen einen solchen Ort länger zu bewohnen. In einer Nacht sind wir dreimal vom Lager aufgesprungen und nach dem Patio (Hof) gelaufen, wo sich schon die Bewohner des ganzen Hauses befanden und sich gleich darauf wieder schlafen legten. Der Boden undulirte, so dass die Bewegung des ganzen Hauses einen rasselnden Ton erzeugte, und die Aeste der Bäume sich noch bewegten, als wir zum Hause hinaus gelaufen kamen. In der Stadt Copiapó hört man fast vor jeder Erschütterung ein leises Geräusch, gleich sehr entferntem Donnern und es ist sehr gewöhnlich, dass während man in der Stube steht und mit einander spricht, irgend Jemand von den dortigen Bewohnern, das Geräusch (ruido) hörend, plötzlich ausruft: „Espere Usted" und sogleich zum Hause hinausläuft; ist die Erschütterung vorüber, so tritt man wieder hinein und spricht weiter fort, als wäre gar nichts vorgefallen."

Und Seite 373: „Ich sprach einen alten Fischer in Copiapó, welcher das Erdbeben von 1819 erlebt hatte. Die See erhob sich plötzlich

30 Fuss hoch und überströmte das ganze Land; auch in seine Höhle drang das Wasser und entriss ihm 4 Kinder."

Für die Phantasie ganz verwirrend war der scheinbare Zusammenhang zweier Erdbeben oder eines Erdbebens und eines Vulkanausbruchs in weit entlegenen Gegenden. Humboldt*) findet darin „merkwürdige Beweise von der Existenz unterirdischer Verbindungen nicht blos zwischen vulkanischen Ländern, was längst bekannt ist (!), sondern auch zwischen Feuerschlünden, die weit von einander entfernt sind." Die Schwierigkeit bestand darin, dass wenn die ganze Erdmasse als flüssig angenommen wird, man nicht begreifen kann, wie der Stoff von einem Orte zum andern in so rascher Folge sollte gelangen können. Wenn also in Lissabon ein heftiges Erdbeben statt findet, warum gleichzeitig oder kurz darnach der Sprudel zu Karlsbad aufhörte zu fliessen. Die Ursachlichkeit liegt in der Uebereinstimmung der Zeit, aber wie? Ebenso stiess der Vulkan von Pasto drei Monate lang im Jahre 1797 ununterbrochen hohe Rauchsäulen aus, und dies hörte in demselben Augenblick auf, als 60 Meilen davon das grosse Erdbeben von Riobamba und der Schlammausbruch (Moya) dreissig- bis vierzigtausend Indianer tödteten. Die plötzliche Erscheinung der azorischen Insel Sabrina am 30. Januar 1811 war der Vorbote der fürchterlichen Erdstösse, welche weiter westlich im Monat Mai 1811 bis zum Juni 1813 fast unaufhörlich, erst die Antillen, dann die Ebenen des Ohio und Missisippi und zuletzt Venezuela erschütterten. 30 Tage nach der gänzlichen Zerstörung der Stadt Caraccas erfolgte der Ausbruch des Vulkans von St. Vincent in den nahen Antillen. In demselben Augenblicke, als diese Explosion erfolgte, am 30. April 1811, wurde ein Schrecken erregendes unterirdisches Getöse auf eine Ausdehnung von 2200 geographischen Quadratmeilen vernommen. Offenbar war dies nichts als die Erschütterung, die von derselben Senkung veranlasst wurde, welche den Ausbruch des Vulkans bedingte. Der Zusammenhang kann kein anderer sein, als durch feste Erde hindurch, welche im Stande ist eine vibratorische Schwingung fortzupflanzen. Wenn diese feststehende Gebäude auf der Erde umwerfen kann, so kann sie eine gleiche Wirkung auf alle durch Auswaschung ihrer Unterstützung zum Theil beraubte schwebende Massen haben. Es erklärt sich daraus, dass ein Erdbeben selten einen einzigen Stoss hat, sondern noch mehrere im Gefolge, dass gleichzeitig bei Ankunft der Schwingung in andern Gegenden ähnliche Einstürze und Erdbeben statt finden können, und damit fällt die unbegreifliche unterirdische Verbindung durch „Kanäle" weg, und eine nach den Gesetzen der Bewegung ganz natürliche Wirkung tritt an ihre Stelle.

*) Ueber den Bau und die Wirkungen der Vulkane Berlin 1823. S. 13.

Die Vulkane.

Die Vulkane oder Feuerberge stehen mit den Erdbeben in einem innigen ursachlichen Zusammenhang. Keine Eruption eines bereits bestehenden oder sich neu bildenden Vulkanes findet ohne vorherige und gleichzeitige Erdbeben statt, aber nicht jedes Erdbeben erzeugt einen Vulkan oder einen Ausbruch. Es erscheint uns demnach der Vulkan als die höhere und bedeutendere Erscheinung. Unsere Ansichten über die Ursache der Vulkane mussten eine ganz andere Gestalt annehmen, nachdem wir durch unzweideutige Beweise die Thatsache kennen gelernt haben, dass alle natürliche Silicate auf nassem Wege entstanden sind, und dass die aus den Feuerbergen hervorbrechenden Laven diejenigen Veränderungen zeigen, die wir durch Schmelzen natürlicher Gesteine an ihnen hervorrufen können. So können wir alle Laven, Bimssteine, Obsidiane mit mehr oder weniger Glück durch Schmelzung natürlicher Silicate erzeugen und nachahmen, aber wir können keinen Granit, keinen Feldspath, keinen Basalt machen. Die Laven zeigen alle Eigenschaften eines künstlichen geschmolzenen Steines, den Verlust an spec. Gewicht, das Fehlen von Wasser, Kohlensäure, ungleicher Silicate und aus diesem Grunde sind wir berechtigt die Erscheinungen des Vulkans als eine nicht ursprüngliche, sondern als in der Zeit eingetretene anzusehen. Da es auf der Erde, ausser den Laven selbst, keine andere als auf nassem Wege gebildete Silicate gibt, so müssen die Vulkane ihren Stoff von solchen Gebilden hernehmen.

Die Ursache der Bewegung und der dadurch entstehenden Wärme können wir wiederum in nichts anderm als in Arbeit der Sonne finden, denn da jede neu erscheinende Kraft immer aus einer bereits vorhandenen abgeleitet werden muss, im Innern der Erde, bei Aufgabe der ursprünglichen Feuerflüssigkeit und der damit verbundenen Dampfspannung, keine Ursache zu einer solchen Kraft gefunden wird, so müssen wir auf die einzige Kraftquelle, die Sonne, zurückkommen, was auch keine Schwierigkeit hat, da der Umsatz der Sonnenkraft aus Wärme in bewegende Kraft, und dieser wieder in Wärme vollständig nachgewiesen ist. Das Neue und Ungewohnte dieser Ansicht wird ihrer Annahme nicht günstig sein, obgleich man sonst bereit ist, viel unwahrscheinlichere und mit der Natur der Dinge in weit grösseren Widerspruch stehende Ansichten als ganz begreiflich hinzustellen, wie die Lehre von dem schmelzflüssigen Inhalte der Erde, welche ein bewiesener Irrthum ist, die Hebungskraft der Dämpfe, die widerlegt ist, das Krystallisiren des Feldspathes aus Laven, die nicht statt finden kann. Darin liegt aber die Gewalt der Gewohnheit, von der kein Mensch, auch der am freiesten denkende, ganz frei ist.

Um einen Begriff zu gewinnen, welche Wärmewirkung einer gegebenen mechanischen Leistung entspreche, wollen wir annehmen, eine 3 Meilen oder 72000 Fuss hohe Schichte Erde von 1 Quadratfuss Fläche senke sich um 1 Fuss. Das spec. Gewicht der Erde zu 2,5 angenommen, wiegt 1 Kubikfuss 150 Pfund und die ganze Höhe 10800000 Pfund. Sinken diese einen Fuss, so ist der mechanische Effect eben so viele Fusspfunde, und diese durch 1400 dividirt geben 7720 Wärmeeinheiten d. h. ebensoviel Pfund Wasser um 1°C. erwärmt. Nun beträgt aber die specifische Wärme der Silicate nur $\frac{1}{4}$ von jener des Wassers, und es werden 4mal so viel Pfund Erde, im Ganzen 30880 Pfund um 1°C. erwärmt.

Rechnen wir die Schmelzhitze des Basaltes zu 1000°C., so können durch diese Wärme nahe 31 Pfund Basalt geschmolzen werden; und nehmen wir statt eines Quadratfusses $\frac{1}{4}$ Quadratmeile Erdsenkung, so werden auf dieser Strecke 4320 Millionen Pfund oder über 28 Millionen Kubikfuss Basalt geschmolzen werden können. Solche Schmelzungen können im Innern der Erde statt finden, und wir werden einzelne bestimmte Fälle, die durch nachherige Erosion aufgedeckt wurden, kennen lernen. Die eigentlich vulkanische Wirkung im gewöhnlichen Sinne tritt aber erst ein, wenn ein Durchbruch nach oben statt findet. Ein solcher kann immer nur durch Wasser vermittelt werden, weil durch die Beweglichkeit dieses Körpers und die in ihm statt findende gleiche Vertheilung des Druckes in allen Richtungen die Summe eines gewaltigen Druckes auf die schwächste Stelle einwirken und hier einen Durchbruch bewirken kann. Man denke sich einen Meeresboden, unter welchem eine Aushöhlung auf eine weite Strecke statt gefunden habe. Die ganze Summe der Last übt auf die unterliegende flüssige Schicht einen Druck aus, der in allen Richtungen, sowohl nach oben als nach unten gleich ist. Nun muss aber nothwendig nach oben der geringste Widerstand sein, und wenn sich nun hier eine schwächere Stelle befindet oder im Laufe der Zeit ausbildet, so muss der Gesammtdruck auf den ganzen, auf flüssiger Schichte ruhenden Meeresboden an dieser schwachen Stelle zum Durchbruch kommen, und während sich der schwere Meeresboden senkt, die unter ihm befindliche Flüssigkeit mit grosser Gewalt nach oben aufgetrieben werden. Wenn wir nun annehmen, dass unter der Oberfläche des Meeres keine mit Luft gefüllte Hohlräume sein können, so werden wir doch leicht erweisen können, dass bei dieser Art der Thätigkeit das Zurücktreten des Meeres zuerst eintreten muss, und dass dann erst die Schwallwelle nachkommen muss. Senkt sich ein Meeresboden, und drückt den flüssigen Inhalt nebst Sand, Steinen und schmelzenden Schlacken zu der Bruchstelle heraus, so entsteht über dieser ein Wasserberg, und in weitem Umkreis um dieselbe, wo die Senkung stattfindet, eine Vertiefung der Meeresoberfläche. Es ist klar, dass der Wasserberg über, und die Einsenkung unter dem Niveau des Meeres einen gleichen kubischen Inhalt haben müssen. Die Einsenkung ist

nun ein Wellenthal, in welches sich das umgebende Meer in concentrischen Kreise hineinstürzt, und es muss dieses Wellenthal sich fortpflanzen und nothwendig zuerst das Land erreichen, wie auch alle Beobachtungen bestätigen. Der Wellenberg über der Bruchstelle sinkt natürlich im folgenden Augenblicke auch wieder ein und läuft als concentrischer Wellenberg mit derselben Geschwindigkeit wie das Wellenthal nach allen Richtungen. Dies ist dann die erste und mächtigste Schwallwelle. Nach den Gesetzen der Wellenbewegung senkt sich der Wellenberg tief unter die Oberfläche des Meeres und es entsteht ein Wellenthal, welches als zweites Zurückfluthen des Meeres das Land erreicht. Die nun nachfolgenden immer schwächer werdenden Wellen haben denselben Verlauf, wie wenn man eine Kugel in ein ruhiges Wasser hineinfallen lässt. Nach einer Reihe von Schwingungen kommt die ganze Bewegung zur Ruhe, nachdem sie in Wärme verwandelt ist. Die Reihenfolge der Erscheinungen ist durch die folgenden 4 Zeitpunkte einer submarinen Eruption versinnlicht. In den 4 Zeichnungen (s. f. S.) ist die oberste Schichte 1. Meer, in Fig. 1 im Zustand der Ruhe; in Fig. 2, 3 und 4 ist die Ruhelinie durch den durchlaufenden Strich angedeutet. Die Schicht 2 stellt einen Meeresboden von unbekannter Dicke dar, der auf Schicht 3 ruht, eine durch Diffusion erschöpfte Schicht, welche bis zum Augenblick der Senkung die Schicht 2 und das Meer noch tragen konnte. Unter der Schicht 3 nehmen wir festen Meeresboden an. Den Augenblick des Durchbrechens kann man mit jenem Momente vergleichen, wo ein an einem modernden Strick hängender Spiegel herabstürzt. Die Abnahme der Cohäsion in dem Stricke durch das Alter geht sehr langsam vor sich; aber im richtigen Zeitpunkt, wo das Gewicht des Spiegels gleich der Cohäsion des Strickes ist, wird der Spiegel unzweifelhaft herabstürzen. Bei dem Erdbeben und Vulkan kündigt sich dieser Moment oft durch einzelne Erdstösse an, wenn nur ein leichtes Zusammenrücken, ohne Durchbruch statt findet.

Die schwächste Stelle der Schichte 2 kömmt durch den gesammten Druck zum Durchbruch nach oben, und wir haben sie in die Mitte der Fig. 1 gelegt und durch einen Bruch angedeutet.

In Fig. 1 liegen die 4 Schichten noch ruhig übereinander.

In Fig. 2 hat der Durchbruch statt gefunden. Die Schichte 2 ist um die Hälfte ihrer Höhe in die Stelle der Schichte 3 eingesunken, und hat den Inhalt von 3 durch den Spalt über die Bruchstelle herausgetrieben. Es entsteht hierdurch über der einsinkenden Stelle von Schichte 2 eine Senkung des Meeres unter das Niveau, und über der Bruchstelle eine Erhebung des Meeres über das Niveau. Senkung und Erhebung des Meeres haben gleichen kubischen Inhalt, und zwar ist jede einzelne gleich der Einsenkung von Schichte 2 in die Lage der Schichte 3.

Fig. 1.

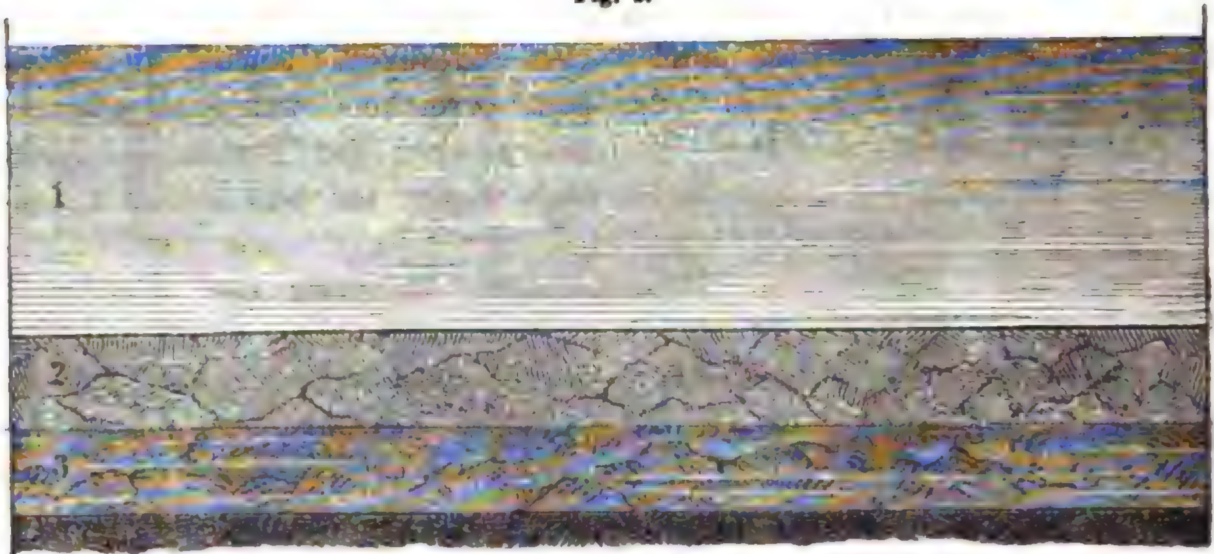
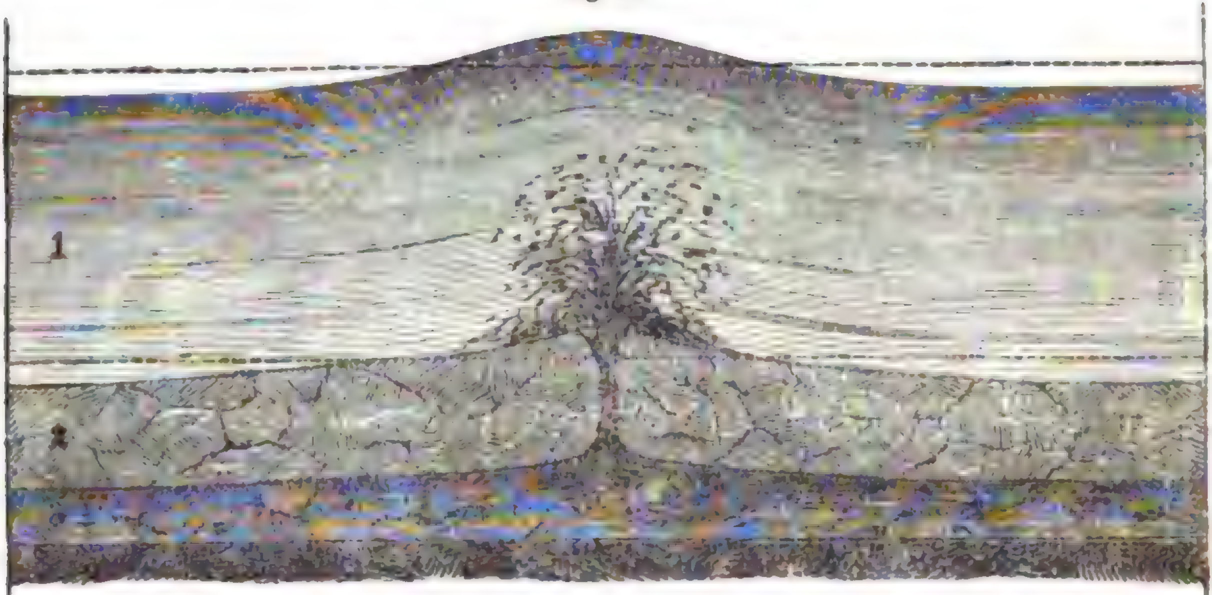


Fig. 2.



In Fig. 3 berührt die Schichte 2 an den Enden der Zeichnung bereits den festen Meeresboden. Der grösste Theil des Inhaltes von Fig. 3

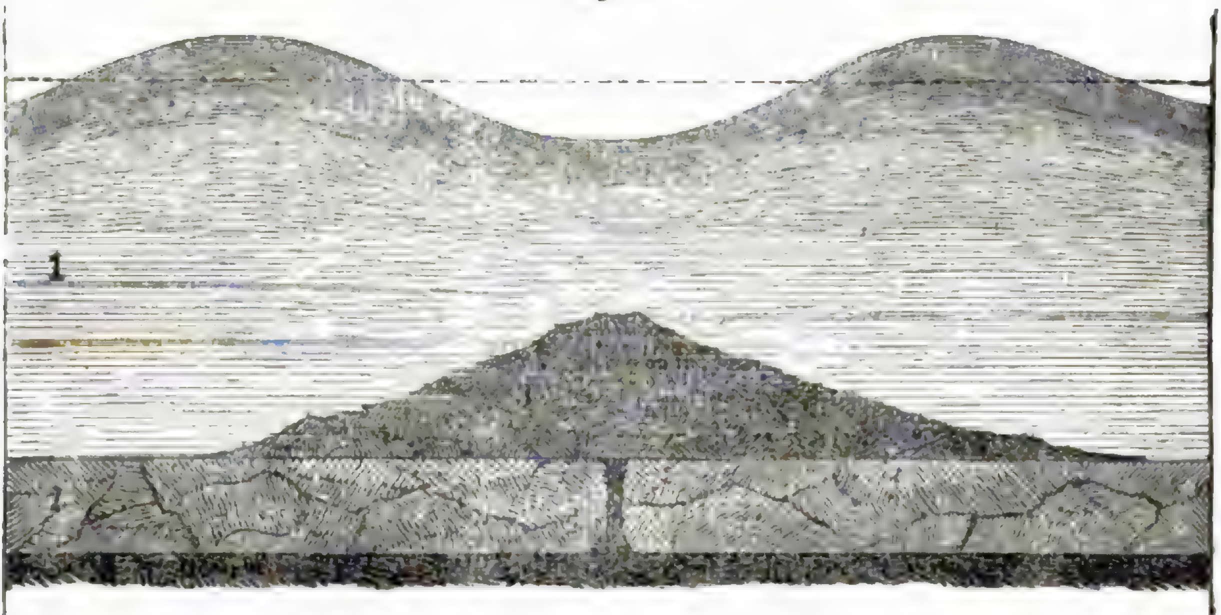
Fig. 3.



ist herausgetrieben. Mit dem Senken von Schichte 2 nimmt die Einsenkung und Erhöhung des Meeres zu, und es bildet sich ein ungeheurer Wellenberg aus. Das Wellenthal läuft concentrisch nach aussen und bildet das erste Zurücktreten des Meeres.

In Fig. 4 ist die Schichte 2 auf den festen Meeresboden gesunken, der Wellenberg eingesunken und zwar unter das Niveau des Meeres. Der ringförmige Wellenberg, der in Fig. 2 in 2 Durchschnitten erscheint, läuft mit gleicher Geschwindigkeit, wie das Wellenthal nach dem Lande zu, und bewirkt dort die erste Schwallwelle, die bekanntlich immer die mächtigste ist. Im folgenden Augenblicke würde wieder der Querschnitt von Fig. 3, nur mit geringerer Höhe, eintreten.

Fig. 4.



Diese ganze Erklärung steht in grossem Einklange mit allen bei Erdbeben und submarinen Eruptionen beobachteten Erscheinungen und insbesondere erklärt sie das durch alle Zeugen bestätigte erste Zurückweichen des Meeres, was mit der plutonistischen Dampfhebungstheorie absolut unvereinbar ist. Für den Fall, dass die Meereshöhe unbedeutend wäre, würden die Wellen nicht die gezeichnete regelmässige Gestalt haben, sondern die Eruption würde schleudernd das Meer durchbrechen, und dies, wie bei der Sabrina, in einer Garbe Wasserstrahlen erheben.

Mit dieser Annahme stimmt in hohem Grade die Beobachtung, dass grosse Massen Wasser und auch häufig Kochsalz und Salzsäure aus den Vulkanen hervorbrechen. Das mit den zerriebenen Gesteinen gemengte Wasser bildet einen Schlamm, der den Namen Moya oder Lava d'acqua erhalten hat, und durch welchen auch wahrscheinlich Pompeji verschüttet wurde. Offenbar war Meerwasser in den Raum eingedrungen, der durch die Senkung des Meeresbodens wieder ausgeleert wurde. Hierhin gehören auch die Salsen oder Schlammvulkane, Macaluben. Das Wort Salz, welches in Salsen steckt, deutet schon die Gegenwart von Meerwasser an. Diese Ausbrüche bestehen aus in Meerwasser auf-

geschlämmten erdigen Bestandtheilen, welche sich breiig flüssig ergiessen. Hier ist vor allen Dingen von einer Hebung durch Dampf gar nicht die Rede, weil das Wasser an die Luft gebracht, also bei aufgehobenem Ueberdruck, nicht einmal kocht, viel weniger im Krater unter dem Drucke der senkrechten Schlammsäule. Es werden sich also solche Salsen ausbilden, wenn viel Wasser vorhanden ist, welches durch seine hohe specifische Wärme, die grösste unter allen Körpern, nicht einmal bis zum Siedepunkt erhitzt wird. Die Salsen gehen in ihren Grössenverhältnissen von dem Schlammerguss aus den höchsten Feuerbergen der Erde herunter bis zu kleinen Thonhügeln, aus welchen ein unterbrochenes Hervordrängen eines feinen hellgrauen, meist etwas salzigen Thonschlammes statt findet, aber ihre Entstehung muss auf dieselbe Ursache, eine gleichzeitige anderweitige Senkung, zurückgeführt werden, und der Unterschied vom Vulkane liegt blos in der Intensität der Erscheinung, nicht in der Art der Ursache.

War der Heerd eines Vulkans schon ursprünglich im Feuer, so konnte kein Wasser eindringen, weil es sich sogleich in Dampf verwandelte und dadurch das Nachdringen von Wasser hinderte. Betrachten wir nun, dass Lava und Wasser im Vesuv um 3000 Fuss höher gehoben werden, als das Meeresniveau sie nach hydrostatischen Gesetzen haben könnte, so scheint uns hier ein Verstoss gegen diese Gesetze vorzuliegen. Allein dieser Verstoss schwindet, wenn wir die Wirkung einer dazwischen liegenden festen Schichte annehmen. In dem sogenannten anatomischen Heber kann man durch Belasten der breiten Oberfläche des Balges kleine Mengen Wasser bis zu Mannshöhe hinaufdrängen. Das hydrostatische Princip ist durch die Zwischenlagerung einer festen Scheidewand gebrochen. In den Wassersäulenmaschinen des Salzkammerguts drückt man mit einer Wassersäule von 300 Fuss Höhe Salzlauge über einen Berg von 1000 Fuss Höhe. In der Maschine sind zwei ungleich dicke Kolben an dieselbe Stange befestigt; das hebende Wasser drückt auf den grossen Kolben, die Salzlauge ruht auf dem kleinen. Durch diese feste Zwischenwand ist auch hier das hydrostatische Princip gebrochen. Liesse man eine Oeffnung durch die gemeinschaftliche Pumpenstange bohren, so würden sich die beiden Flüssigkeiten nach ihrem spec. Gewicht ins Gleichgewicht stellen. Im Meere ist der stehengebliebene Meeresboden die feste Zwischenwand, und die darunter durch Diffusion ausgeleerte Schichte die Flüssigkeit. Wird der Meeresboden mehr und mehr belastet, etwa durch Kalkablagerung, so wird der Druck zuletzt genügen, eine kleine Menge Lava und Wasser auf eine weit bedeutendere Höhe als das Meer selbst ist zu drängen. Die Lava wird aber um so viel höher gehoben werden können, als ihr Querschnitt kleiner ist, als der drückende Meeresboden. Die Stelle des Ausbruchs ist immer die des geringsten Widerstandes; ursprünglich lag sie in der Tiefe des Meeres; durch den ersten Ausbruch ist aber ein

Kanal geschaffen worden, der, wenn es auch viel höher geworden ist, für künftige Senkungen der Ort des kleinsten Widerstandes bleiben wird, weil in ihm bereits die Cohäsion vernichtet ist und ein leerer Raum gegeben ist. Die Reihenfolge der Erscheinungen ist dieser Ansicht ebenfalls günstig. Voraus geht unterirdisches Getöse mit Erschütterung des Bodens, dann Entwicklung einer ungeheuren Menge Wasserdampfes, wodurch wirkliche Gewitter entstehen, Auswurf von erdigen, steinigen, zermalmten und zerriebenen Massen, sog. vulkanische Asche oder Tuffe, zuletzt Ausbruch von Lavaströmen, welche sich über den Berg ergiessen. Diese Erscheinung ist übrigens, obgleich sie für das wesentlichste Phänomen gehalten wird, die seltenste, denn von allen thätigen Vulkanen haben etwa $\frac{2}{3}$ niemals Lavenströme geliefert.

Ich gebe diese Erklärung mit der Bescheidung, dass sie nur ein Versuch ist, die unzweifelhaft vorhandene Erhebung der Laven auf bedeutende Höhen mit den Gesetzen der Physik in Einklang zu bringen, da sie offenbar damit in Einklang ist, weil sie besteht.

Die Ansicht von Bischof (Geologie 2. Aufl. 1,336), dass Wasserdämpfe „unzweifelhaft" die Ursache der Hebung der Laven, der vulkanischen Bomben und Rapilli sei, ist demnach nicht aufrecht zu halten. Das blose Vorkommen von Wasserdämpfen in vulkanischen Ausbrüchen beweist nur, dass Wasser mit im Spiele war, aber nicht dass es die hebende Kraft abgegeben habe. Das Wasser wird selbst durch den Vorgang, welcher den Vulkan ernährt, heiss und kommt gleichzeitig mit der Lava aus dem Krater. Nach einer mündlichen Mittheilung von Mitscherlich kommen die Wassermassen flüssig und überhitzt durch die Lava gestiegen, und platzen, sobald sie an die Luft treten mit einem Knall zu Wassergas auseinander. In diesem Zustande können sie keine hebende Kraft ausgeübt haben. Jedenfalls würde die Gasbildung erst auf einer gewissen Höhe des Vulkans beginnen. Immer aber müssen wir die Frage wiederholen, wodurch denn nachher der Raum ausgefüllt werden soll, welchen die Wasserdämpfe einnehmen, und was früher den Raum ausgefüllt habe, welchen die Wasserdämpfe nach ihrer Bildung erfüllt hätten. Viel wahrscheinlicher lassen wir die Ueberhitzung des Wassers, die Schmelzung und Hebung der Lava von derselben Kraft abhängig werden, welchen den Raum durch Senkung wieder erfüllt, d. h. durch die Schwerkraft und die Arbeit der Erde.

Das stossweise Hervorbrechen der Dampfblasen wird auch von Prof. Vogt bei seiner Besteigung des Vesuvs im November 1865 bestätigt. In der Mitte des Kraters, berichtet er, dringt von Zeit zu Zeit, fast jede $1\frac{1}{2}$ Minute, eine Dampfblase aus einer Spalte hervor, mit einem Geräusch ähnlich dem Schnauben einer Locomotive. Zugleich tritt glühende Lava hervor, die kaum über die Spalte überwallt, einen Feuerschein wirft, wie flüssiges Metall und dann wieder in die Spalte zurücksinkt, die sich so schliesst, dass man bei Tage wenigstens keinen Feuerschein mehr in der Spalte sieht. Vogt (Kölnische Zeitung v. 1. December

1865, Nr. 333) spricht seine Ansicht dahin aus, dass diese Eruptionen wegen ihrer Regelmässigkeit und geringen Gewalt unmöglich aus grosser Tiefe kommen, und dass man nothwendig zu dem Schlusse geführt werde, dass die Hitze selbst das Resultat vielfältiger nnd mannigfaltiger chemischer Processe im Innern der Lava sei, dass die Hitze also nicht nur aus der Tiefe mitgetheilt, sondern auf allen Punkten in der Lava entwickelt werde. Von chemischer Seite kann man dieser Ansicht nicht beitreten. Unter chemischen Processen, welche Wärme entwickeln, kann man sich hier keine andere denken als Verbrennungsprocesse, welche aber nach Lage der Sache ausgeschlossen sind. Alle zur Wirkung kommenden Stoffe sind bereits oxydirt und freier Sauerstoff kann nicht vorhanden sein. Es gibt auf der Erde keinen solchen als den atmosphärischen, von dem man nicht einsehen kann, wie er in den Heerd des Vulkans hinein gepresst würde. Durch den Krater ist es undenkbar, weil hier beständig heftiges Hervordrängen von Dämpfen statt findet, und durch die Erde oder das Meer ist es ebenfalls unmöglich. Die verbrennenden Körper würden auch gasförmige Producte geben, und insbesondere müsste der unverbundene Stickstoff austreten. Unbewusst kömmt man auf diesem Wege auf die im Innern der Erde brennenden Torf- und Steinkohlenlager, welche aber hier nicht vorhanden sind, und wo sie brennen keine Vulkane geben, sondern nur gebrannte Thone und keine geschmolzene Silicate. Die ausgeworfenen Laven sind nichts als geschmolzene Silicate, welche zum Schmelzen Hitze bedürfen, aber keine erzeugen können. Es bleibt uns deshalb keine Möglichkeit übrig, die dauernde Thätigkeit eines Vulkans anders als durch fortdauernde in Wärme umgesetzte Arbeit zu erklären. Erwägt man die ungemein schwache Leitungsfähigkeit der vulkanischen Produkte gegen Wärme, so findet man, dass zum Erhalten des Schmelzflusses nur eine geringe Thätigkeit der sinkenden Schichten nothwendig ist. Ausserdem behalten wir den Vortheil, dass wir nicht zweierlei Ursachen zur Erklärung der Vulkane haben, von denen die eine mindestens zweifelhaft ist. Der Vergleich des Vesuvs mit dem Geyser kann die Ansicht von Vogt nicht unterstützen, denn beim Geyser haben wir lediglich erhitztes Wasser, was jeden Verbrennungsprocess ausschliesst, und seine Wärme ist genügend durch das Durchdringen des Wassers durch die ausgelaugten Gesteine unter hohem Drucke erklärt. Die sauren, salzigen, trocknen und nassen Fumarolen der Feuerberge sind Wirkungen der Hitze, aber nicht deren Ursache.

Es ist nun noch in Ueberlegung zu ziehen, ob das Schmelzen der Silicate in der Erde dieselbe Hitze erfordert, als in unsern Tiegeln, oder ob vielleicht die Schmelzung unter hohem Drucke bei niederen Temperaturen geschehen könne. Hierbei kommt die Eigenschaft des Wassers zur Sprache, unter Druck seinen Schmelzpunkt zu erniedrigen. Es wurde dies zuerst von James Thomson in Belfast und fast gleichzeitig von Prof. Clausius in Zürich aus der mechanischen Wärme-

theorie gefolgert, und es konnte sogar die Grösse der Veränderung des Schmelzpunktes mittelst derselben Schlüsse richtig vorausgesagt werden. Es sinkt nämlich für den Druck von je einer Atmosphäre der Gefrierpunkt des Wassers um $\frac{1}{174}$ eines Reaumur'schen Grades. Dies wurde von dem Bruder des Erstgenannten, W. Thomson, Professor der Physik zu Glasgow, durch den Versuch bestätigt. Indem er ein Gemisch von Eis und Wasser in einem passenden Gefässe stark comprimirte, wurde das Gemenge in der That kälter und kälter, je mehr er den Druck steigerte, und zwar genau um ebensoviel, als die mechanische Wärmetheorie verlangte. Indem nun hier das Gemenge erkaltete, musste Wärme latent geworden sein, und dies konnte nicht anders geschehen, als dass ein Theil des Eises schmolz. Es war also in dem geschlossenen Gefäss Eis unter Null Grad in Berührung mit Wasser unter Null Grad, ohne dass das Wasser hier gefrieren konnte, wie es bei gewöhnlichen Verhältnissen gethan haben würde. Es war also hierdurch in der That der Gefrierpunkt des Wassers erniedrigt worden. Nehmen wir nun an, dass dies eine allgemeine Eigenschaft des Körpers sei, und dass die Silicate daran Theil nehmen, so folgt für unsern Fall, dass die Silicate in der Erde unter hohem Drucke bei niederen Temperaturen schmelzen, als unter gewöhnlichen Verhältnissen.

Gehen wir nun auf den Versuch mit dem gepressten Wasser zurück, und fragen, was geschehen müsse, wenn der Druck wieder aufhöre, so ist klar, dass das unter Null erkaltete Wasser in Berührung mit Eis unter Null wieder gefrieren werde, und dass die Temperatur durch die aus dem Wasser wieder frei werdende Wärme wieder auf den normalen Gefrierpunkt steigen werde. Unter dem Drucke hatte die Masse des Eises etwas abgenommen und die des Wassers etwas zugenommen; nach Aufhebung des Druckes muss das Verhältniss, wie es vor dem Versuche war, wieder eintreten. Uebertragen wir diese Erscheinung auf die Vulkane, so würde daraus folgen, dass die Temperatur der Schmelzmasse, wenn sie vom Drucke befreit aus dem Krater austräte, wieder etwas steigen, und dass ihre natürliche Schmelzhitze unter gewöhnlichem Drucke wieder eintreten müsse und zwar auf Kosten eines Theiles der Schlacke, der wieder in den festen Zustand überträte. Dieses allmälige Ausscheiden erstarrter Massen dürfte die Entglasung der vulkanischen Laven und Schlacken erklären, während die in Tiegeln geschmolzenen Silicate fast immer reine Gläser geben. Es kann jedoch hier nicht entfernt daran gedacht werden, dass bei diesem Ausscheiden eines Theiles der geschmolzenen Masse sich andere Silicate bilden werden, als solche, die ganz gleich mit der ganzen Schlacke zusammengesetzt sind, wie dies auch das Erstarren künstlicher Schlacken gelehrt hat; und demnach kann nicht die Bildung von Sanidinen, Augiten, Leuciten u. a. auf diesem Wege erklärt werden.

Die vulkanischen Erscheinungen sind sehr zerstreut auf der Erde, aber ungeachtet der vielen Nummern machen sie nur einen unbedeu-

tenden Bruchtheil der Erde aus. Früher, wo man die Laven mit den Trachyten und Basalten zusammenwarf, erschienen die vulkanischen Producte viel mächtiger. Nachdem aber aufs strengste nachgewiesen ist, dass die Vermischung unbegründet ist, zeigt sich, dass oft ganz dicht bei einem Vulkan, sogar seine eigenen äusseren Abhänge aus unverändertem natürlichen Gesteine bestehen. Dadurch, dass die fliessende Lava die unter ihr liegenden ursprünglichen Gesteine vollständig bedeckt und unzugänglich macht, erscheinen auch die Laven mächtiger als sie sind. Selbst in Island nehmen die ächt vulkanischen Produkte einen viel geringeren Rang ein, wenn man die Trachydolerite, den Krablit, den Baulit, die ächten Pyroxene und die Palagonittuffe davon abzieht, wie dies geschehen muss, da ihnen jede Spur einer feurigen Einwirkung fehlt. —

Wenn an einer vulkanischen Stelle des Meeres alle möglichen Auslaugungen durch Diffusion und alle entsprechenden Senkungen statt gefunden haben, so tritt diese Stelle in die Reihe der erloschenen Vulkane. Nach dem Durchbruch der Insel Ferdinandea, Sabrina und anderer hatte die Erscheinung ein Ende, während nach der früheren Ansicht der Spektakel erst recht hätte beginnen müssen, nachdem das Meer einen freien Zugang zu dem feuerflüssigen Innern gefunden hatte. Die Vorbereitung zu einem Vulkane kann Hunderte von Jahren dauern, der Ausbruch und die Feuerentwicklung ist das Werk kurzer Zeit. Während der langen Pausen werden die Lasten ihrer Unterstützung beraubt, welche durch ihr Sinken eine dem mechanischen Moment gleichwerthige Menge Wärme erzeugen.

Dass die vulkanische Thätigkeit überall nur aus beschränkten Wirkungen auf einzelne Punkte abzuleiten sei, ergibt sich aus einer grossen Masse von Thatsachen. In einer Entfernung einer deutschen Meile vom Vesuv beginnen die phlegräischen Gefilde. Sie bestehen aus einer Sammlung von etwa 12 vulkanischen Kratern, von denen alle bis auf einen erloschen sind. Auch dieser eine, die Solfatara von Puzzuoli, deren letzte Eruption im Jahre 1198 statt fand, verräth nur schwache Spuren ihrer ehemaligen Thätigkeit. Das Kraterplateau der Solfatara liegt nach Schafhäutl (Gelehrte Anzeigen der k. bayer. Akademie d. W. Nr. 30, vom 11. Febr. 1845) 318 Fuss über der Meeresfläche. Die Masse des Hügels, der mit Bimssteinasche bedeckt ist, besteht aus einer weissen feldspathigen Masse, die Häuy geradezu für Trachyt erklärt hat. An Farbe ist sie durchaus von den Auswürfen des Vesuvs unterschieden, ebenso an Zusammensetzung, denn sie enthält 11 % Kali gegen 4 % Eisenoxyd, während die augitische Lava des Vesuvs 3 % Kali und 16 % Eisenoxyd enthält. Seit undenklichen Zeiten ist die Solfatara eine Quelle der Schwefelerzeugung gewesen, während der Vesuv im Gegensatze ganze Blöcke von Kochsalz auswarf. Ist es wohl vernunftgemäss anzunehmen, sagt Schafhäutl, dass Vulkane aus dem feuerflüssigen Kerne der Erde herrührend, in einer im Verhältniss zur ganzen Erd-

oberfläche so überaus kleinen Entfernung von einander liegend, so wesentlich verschiedene Producte auswerfen können. Dazu bietet uns das Siebengebirge den schönsten Schlüssel. Aechte, ganz schwarze Basalte stossen unmittelbar an ganz entfärbte und gering eisenhaltige Trachyte an. Das ganze Siebengebirge ist unberührt vom Feuer. Käme nun ein solches Gebirge in den Bereich vulkanischer Thätigkeit, so erklärte sich leicht, dass reine und farblose Bimssteine ganz nahe bei dunkelrothen und schwarzen Basaltlaven ausbrächen.

Ein Erdbeben, welches nicht zum Durchbruch kommt, oder wo der Durchbruch sich nicht über die Oberfläche des Meeres erhebt, erhält von uns nicht den Namen einer vulkanischen Erscheinung, weil wir sie nicht sehen. Dagegen ist es sehr wahrscheinlich, man könnte sagen sicher, dass jedes Erdbeben eine dem mechanischen Moment gleichwerthige Wärmeentwicklung zur Folge hat, da die Bewegung zuletzt wieder in Ruhe endet, und da vulkanische Erscheinung jeder mit heftiger Wärmeentwicklung verbundener Vorgang in der Erde ist, so ist es auch wahrscheinlich, dass viele vulkanische Wirkungen im Innern der Erde stecken geblieben sind, ohne jemals in die Erscheinung getreten zu sein. Wir gehen so auf diejenigen Erscheinungen über, welche in geschichtlicher Zeit sich an Orten ereignet haben, wo früher keine Spur dieser Thätigkeit vorhanden war. Eine der am vollständigsten beobachteten ist die Erhebung der Insel Ferdinandea.

Diese Insel hatte während ihrer ephemeren Existenz im Jahre 1831 sieben verschiedene Namen geführt: Corrao, von dem angeblichen ersten Entdecker; Hotham-Island, dem englischen Vice-Admiral Hotham zu Ehren, welcher mehrere Schiffe zur Untersuchung der neuen Insel ausgesandt hatte; Nerita; Graham's Insel; Julia, in Beziehung auf den Monat, in dem sie dem Meere entstiegen; endlich Ferdinandea oder Isola di Ferdinando I., weil die Stelle sich im Meere des Königreichs Neapel befindet.

Ihre Geschichte ist, kurz zusammengedrängt, folgende: die Stelle im Meere liegt beinahe mitten zwischen der Stadt Sciacca auf Sicilien und der vulkanischen Insel Pantellaria, ungefähr zwei Meilen von beiden Punkten. Vor dem Ereigniss von 1831 war hier das Meer 600 Fuss tief. Schon am 28. Juni 1831 empfand ein Schiff, das über diese Stelle wegsegelte, die Stösse eines Erdbebens, welche auch von demselben Tage an bis zum 2. Juli in Sciacca sehr stark empfunden wurden. Am 8. Juli beobachtete Trefiletti, der Führer einer sicilianischen Brigantine, dass an derselben Stelle unter donnerähnlichem Getöse ein Wasserberg, breit wie ein Linienschiff, bis zu 80 Fuss Höhe aufstieg, etwa zehn Minuten in dieser Höhe sich erhielt, darauf zurücksank und dicken Rauchwolken Platz machte, welche aus dem Meere hervorbrachen und etwa nach einer Viertelstunde von der wieder aufsteigenden Wassermasse verdrängt wurden. Dasselbe sah der Schiffscapitän Corrao am 10. Juli; er schlug die Höhe der Rauchwolken zu 1800 Fuss an. Am 18. Juli

aber entdeckte dieser Capitän an der Ausbruchsstelle eine kleine, nur 12 Fuss aus dem Meere aufragende Insel mit einem Krater, aus welchem eine ungeheure Dampfsäule aufstieg und Auswürflinge in Menge umherflogen. Das Meer war mit schwimmenden Schlacken und todten Fischen bedeckt, welche bereits am 12. Juli in grosser Menge an der Küste Siciliens bei Sciacca angeschwemmt worden waren. Die Eruptionen dauerten fort, und die Insel nahm dadurch allmälich an Umfang und Höhe zu. Der Geologe Fr. Hoffmann näherte sich der Insel schon am 24. Juli auf eine Viertelstunde und beschrieb umständlich das Aussehen der Eruptionen und der Insel selbst. Die Berichte von Carlo Gemmellaro, Osborne, Swineburne, Arago, Constant Prevost und Wright, die später die Insel theils umschifften, theils besuchten, bestätigten die anziehenden Berichte, welche Hoffmann, der auch selbst am 25. August den Versuch der Besteigung noch einmal machte, von den Erscheinungen geliefert hatte. J. Davy, welcher die Insel gleichfalls besuchte, hat alle Nachrichten darüber bis zum 22. October zusammengestellt. Am 29. September fanden Prevost und Arago den Umfang der Insel 2150 pariser Fuss und die grösste Höhe derselben 215 par. Fuss. Sie bestätigten, dass sie nur ein Haufwerk von losen Auswürflingen sei, und sahen noch überall aus dem orangegelben Wasser im Innern des Kraters weisse Dämpfe aufsteigen. Am 28. December war aber die Insel wieder verschwunden, und nur eine hohe Wassersäule stieg noch zuweilen auf. Bedenkt man, dass die Insel sich auf einer 600 Fuss tiefen Stelle des Meeresgrundes gebildet hatte, so ist also damals durch diesen submarinen Ausbruch ein Berg von mehr als 800 Fuss Höhe aufgeschüttet und, weil er durch keine eigentlichen Lavaströme befestigt worden war, von den Wellen wenigstens zum Theil wieder fortgeschwemmt worden. Am 16. Februar 1832 soll, während man gleichzeitig in Sciacca leichte Bebungen des Bodens verspürte, sich wieder Rauch aus dem Meere erhoben haben. Aehnliche Erscheinungen will man auch, nach Berichten öffentlicher Blätter, zwischen dem 22. und 25. Mai 1832 bemerkt haben.

Es dürfte nun kaum zu bezweifeln sein, dass an dieser Stelle sich ein Aufschüttungskegel befindet, der, im Laufe der Zeit gehoben, das Ansehen eines Eifeler Hummerichs haben wird.

Eine ganz ähnliche Erscheinung fand 1783 bei Island statt. Im Anfang des Monats Mai fand in einer Entfernung von 15 geogr. Meilen vom Cap Reykjanes ein vulkanischer Ausbruch statt. Eine unermessliche Menge Bimsstein ward ausgeworfen, der das Meer 40 Meilen weit bedeckte und die Schiffe in ihrem Laufe hinderte. Eine neue Insel entstand aus hohen Bergklippen gebildet, in deren Mitte das Feuer in gewaltiger Thätigkeit war. Vor Ablauf eines Jahres war die Insel wieder verschwunden. Ebenso im Jahre 1830. Hier dürfte sich ein neuer Laacher See mit seiner ganzen Umgebung für künftige Zeiten vorbereitet haben.

Dies Auftreten einer Insel bei den Azoren im Jahre 1690 ist in den Acten der Royal Society aufbewahrt.

Im Jahre 1811 war eine vulkanische Eruption im Meere bei St. Michael in den Azoren, und es bildete sich nach bedeutenden Ausbrüchen, wobei schwarze Aschensäulen bis zu einer Höhe von 700 bis 800 Fuss geworfen wurden, eine Insel von ungefähr 300 Fuss Höhe und einer halben Stunde im Umkreis. Es besteht über das Hervortreten dieser Insel, welche mit der Ferdinandea die grösste Aehnlichkeit hatte, eine genaue Beschreibung. Zuerst sah man die Insel sich über das Meer erheben am 13. Juni 1811, und am 17. Juni beobachtete sie Tillard, Captain der Fregatte Sabrina, von der nächsten Klippe auf St. Michael. Die Ausbrüche glichen einem Kanonen- und Musketenfeuer und waren von starken Gewittern begleitet. Eine Garbe von Wasser, Dampf, Schlacken und Aschenregen stieg in die Höhe und stürzte seitlich in das Meer, wo die Schlacken weit fortschwammen. Die Insel erhielt von dem Schiffe den Namen Sabrina, verschwand aber später wieder durch Einsinken und Meereswogen.

Captain Thayer*) vom americanischen Schooner Yankee besuchte 1826 den Hafen von Talcahuano, welches später so furchtbar von dem Erdbeben von Concepcion zerstört wurde. Poeppig hatte damals Gelegenheit, die Schiffsjournale des Yankee durchzusehen und theilt daraus mit: Am 6. Sept. 1825 erblickte das Schiff unverhofft eine ganz unbekannte kleine Insel in 30°14′ S. B. und 178°15′ O. L. von Greenwich. Ein dicker Rauch erhob sich aus der Mitte der Insel. Boote sollten sie untersuchen. Sie sahen, als sie sich näherten, einen schwarzen, ganz vegetationslosen Fels, der kaum 1 Fuss über die Oberfläche hervorragte. Er bestand aus einem breiten Ringe, welcher in der Mitte einen kleinen Teich enthielt und an einem Punkte durchbrochen dem Meere Zutritt zu geben schien. Die Matrosen sprangen ins Waaser, um das Boot über die Untiefe zu ziehen; allein eben so schnell sprangen sie wieder auf das äusserste erschreckt in das Fahrzeug zurück, weil dss heisse Wasser ihre Füsse empfindlich verbrannt hatte. Man sah, dass der Rauch aus mehreren Rissen hervorstieg, welche den umgebenden Ring durchbrachen. Nur an einer Stelle fand sich Sand, alles übrige bestand aus festem Fels. Der Krater hatte 800 Schritt im Durchmesser, und war nach aussen so steil, dass man bei 100 Faden Entfernung keinen Grund mehr fand. Dieser Vulkan war im eigentlichen Sinne in flagrante ertappt worden.

Auch von Vulkanen, die nicht über das Meer getreten sind, hat man sichere Kenntniss erhalten**). Erdbeben auf dem Meere von Schiffen wahrgenommen hat man Seebeben genannt.

---

*) Pogg. Ann. 37,184.

**) Am 17. Oct. 1747 erfuhr das Schiff le Prince unter 1°35′ S. B. nnd 20°10′ W. L. von Paris einen oder zwei Stösse. Dasselbe fand auf dem Schiffe Silhouette unter 0°20′ S. und 23°10′ W. statt, ebenso am 18. April 1758 auf dem Schiffe

Hierhin gehört auch das sogenannte Rollen des Meeres, welches im nördlichen Chili und an der Küste von Peru so häufig bemerkt wurde. Meyen gibt darüber einen genauen Bericht. Oft bemerkte man Nachts bei vollkommener Windstille im Hafen von Copiapó ein furchtbares Schaukeln des Schiffes, welches Alle unerträglich fanden. Dasselbe hatten die Reisenden auch schon bei Islay und noch südlicher bei Arica bemerkt. Die See brandete furchtbar bis zu 30 und 40 Fuss Höhe, und dennoch rührte sich kein Lüftchen. Ebbe und Fluth sind in dieser Gegend an der Küste sehr unbedeutend und in einiger Entfernung von derselben ganz unbemerkbar. Die einfachste Erklärung ist die, dass dieses Rollen der See die auslaufenden Wellen aller Seebeben sind, welche näher an der americanischen Küste stattfinden, und die daher nach der andern Seite des stillen Meeres, in Neuholland, China und Japan, ganz unbemerkt bleiben. Wenn auch die Erschütterung nicht mehr verspürt wurde, so kam doch noch die auslaufende Woge dahin an, und die Begünstigung einzelner Orte muss in der Nähe des vulkanischen Meeresbodens oder in einer buchtigen Form des Ufers, vielleicht in beiden, gesucht werden. Die Erscheinung trat ohne Regel und ohne Beziehung zu den Jahreszeiten an.

Unzweifelhaft deuten alle in der Anmerkung angeführten Ereignisse auf eine Reihenfolge vulkanischer Ausbrüche in einem grösseren Umfange; so wie wir aus dem Befund der Eifel und Auvergne

Fidèle an derselben Stelle. Am 3. Mai 1761 sah Capt. Bouvel auf dem Schiff le Vaillant unter 0°23′ S. und 21°30′ W. eine Sandinsel. Am 3. Oct. 1771 erfuhr die Fregatte le Pacifique unter 0°42′ S. und 22°47′ W. bei sehr unruhigem Meere einen heftigen Stoss. Man sondirte sogleich, konnte aber keinen Grund finden. Am 19. Mai 1806 sah Capt. Krusenstern, als er sich in 2°43′ S. und 22°55′ W. befand, 12 bis 15 Meilen nordwestlich von sich zweimal eine sehr grosse Rauchsäule aufsteigen. Er hielt es, wie Dr. Horner, für eine vulcanische Eruption. Am 18. Dez. 1816 segelte das Schiff Triton, Capt. Proudfoot, unter 0°23′ S. und 20°6′ W. über eine Untiefe (écueil). Die Gefahr schien von West nach Ost eine Ausdehnung von 3 Meilen (engl.?) zu haben und von Ost nach Süd von einer Meile. Mit 26 Faden fand man braunen Sandgrund. Keine Brandung war sichtbar. Am 12. April 1831 erfuhr das Schiff l'Aigle unter 0°22′ S. und 23°27 W. einen heftigen Stoss, während man zugleich ein dumpfes Geräusch unter dem Wasser hörte. Im November 1832 bekam das Schiff le Sème unter 0°22′ S. nud 21°15′ W. einen so heftigen Stoss, dass man glaubte, dass es auf eine Sandbank gerathen sei. Am 9. Febr. 1835 bekam die Barke la Couronne von Liverpool unter 0°57′ S. und 25°39′ W. ebenfalls einen Stoss. Man lothete sogleich, ohne mit 135 Faden Grund zu erreichen. Am 28. Jan. 1836 wurde das Schiff le Philanthrope unter 0°40′ S. und 22°30′ W. drei Minuten lang so heftig erschüttert, dass man glaubte, es sei auf einer Sandbank gestrandet. Dasselbe erfuhr zur selben Stunde das nordamericanische Schiff St. Paul von Salem. Hr. Huntley zeigte in der Gesellschaft zu Calcutta vulkanische Asche vor, welche Capt. Ferguson unter 0°35′ S. und 18°10′ W. auf sehr bewegtem Meere aufgefischt hatte. Sie war schwarz und hatte das Ansehen von Steinkohlenasche. Alle diese Angaben deuten auf dieselbe Stelle des Meeres hin, und auf dem Planiglob von J. Grimm (Berlin 1836) findet sich an eben dieser Stelle schon Vigia als ein submariner Vulkan angeführt.

schliessen, dass viele Oeffnungen in einem gewissen Umfange eintreten können, so schliessen wir aus der langen Zeit der Erscheinung bei Vigia, dass auch die Eifel und Auvergne längere Zeit in Thätigkeit waren. Die am besten bekannten europäischen Vulkane Vesuv und Aetna hatten wohl tausendjährige Pausen, wornach sie wieder in Wirksamkeit traten. Der Vesuv war zur Zeit der Blüthe Roms gar nicht als Vulkan bekannt und so zugewachsen, dass Leopold von Buch ihn für einen Erhebungskrater erklärt haben würde.

Dass er aber schon früher als Vulkan thätig gewesen sei, geht aus der Beschreibung Strabo's (Geograph. V.) deutlich hervor. „Oberhalb dieser Gegenden (nämlich Pompeja, jetzt Pompeii genannt) liegt der Berg Vesuvius, ringsum mit schönen Feldern, mit Ausnahme des Gipfels, bedeckt. Dieser ist grösstentheils flach (!), ganz unfruchtbar, von aschgrauer Farbe, mit grottenartigen Höhlungen, aschgrauen, durch Feuer zerfressenen (!) Steinen, ein Beweiss, dass diese Gegend früher gebrannt und Mündungen für das hervorbrechende Feuer gehabt haben müsse, das nach und nach aus Mangel an Stoff erlosch." Hieraus ergibt sich denn auch, dass die äussern Seiten des Berges aus natürlichen, verwitterbaren Felsarten bestanden, welche vom Feuer nicht berührt waren, während der mit Schlacken belegte Gipfel auch nach den Tausenden von Jahren der Ruhe noch nicht so viel Verwitterung zeigte, dass Pflanzen auf ihm wachsen konnten.

Virgil, welcher lange in Neapel lebte*), beschreibt uns den Aetna als feuerspeiend, und es muss ein Ausbruch zu seiner Zeit stattgefunden haben, den er selbst gesehen hat.

Vidimus undantem ruptis fornacibus Aetnam,
Flammarumque globos liquefactaque volvere saxa (Georgica I, 472).

Homer erwähnt keinen Feuerberg überhaupt, obgleich ihn die Irrfahrten des Odysseus an die Küste von Trinakria, an die kyklopischen Inseln und die Skylla und Charybdis brachten. Man kann nicht glauben, dass damals eine Kenntniss von dem Aetna als Vulkan bestanden habe, ohne dass der Dichter dies Naturwunder zu einer Beschreibung benutzt hätte.

In Betreff der Vertheilung der Vulkane auf der Erde und der Erscheinungen beziehe ich mich auf die gründliche Arbeit des Hrn. Dr. C. W. Fuchs, „Die vulkanischen Erscheinungen der Erde," 1865.

Die Vulkane bauen sich nicht durch wiederholte Lavaströme auf, sondern der Hauptkegel ist durch die einmalige Erhebung fester Massen entstanden. Dies hat von Buch am Aetna, Vesuv, Volcano und Stromboli nachgewiesen. Am Puy de Dome beweist dasselbe der an ihm so häufig vorkommende, blos zersetzte Granit, welcher Domit genannt wurde. Durch sorgfältiges Messen der mittleren Steigung von etwa 30 Lava-

*) Illo Virgilium me tempore dulcis alebat Parthenope. Georgica IV, 563.

strömen rund um den Aetna, und von einer Anzahl am Vesuv gefundener hat Elie de Beaumont*) ermittelt, dass ein Strom, dessen Steigung 6 Grad beträgt, oder wohl gar übersteigt, gar keine zusammenhängende Masse bildet; er fällt so schnell, dass er nur zu unbedeutender, wenige Fuss hoher Stärke anwachsen kann. Nur dann erst, wenn die Steigung 3 Grad oder weniger beträgt, kann die Masse sich zu einer merklichen Höhe ansammeln. Da nun das letzte Dritttheil des Aetna sich mit 29 bis 32 Grad erhebt, so ist klar, dass, wenn auch ein Lavastrom aus dem grossen Krater abläuft, welches nur sehr selten geschieht, er dennoch auf die Vermehrung der Masse, sogar auf seine äussere Form von ganz verschwindendem Einfluss sein würde. Es mag übrigens der Winkel, unter dem ein Strom zusammenhängend ohne abzureissen fliessen kann, bei den trachytischen und basaltischen Laven ein ganz verschiedener sein, und offenbar bei dem Aetna, der nur augitische dünnflüssige Laven hat, geringer, als beim Vesuv, welcher viel schwerer schmelzbare feldspathige Laven ausgegeben hat. Die Erhebung des Hauptkegels kann man sich in der Art erklären, dass durch die Erdsenkung, wie wir sie bildlich (S. 316) dargestellt haben, eine grosse Masse fester Stoffe nach der Mitte hin gedrängt wurden, die nun zuletzt nicht mehr herausgeworfen werden konnten, und unter der Decke angehäuft blieben, welche nun eine mantelförmige Schichtung rund um den Vulkan annahm, wenn die oberen sedimentären Schichten noch in horizontaler Lage waren. Dagegen sind eine Anzahl Vorkommnisse bekannt, wo die ganzen Kegel nur aus der Aufschüttung von Schlacken und Rapillen bestehen. Als in der Schreckensnacht vom 28. Sept. 1759 der Jorullo in Mexico entstand, erhob sich nach von Humboldt das Erdreich in Form einer Blase. Nach neueren Untersuchungen aber ist der Jorullo nicht in dieser Art durch Blasenbildung aus der Erde entstanden, sondern der grosse, schwarze, burgartige Klumpen des Jorullo besteht aus der Anhäufung von Laven und Schlacken, die beim ersten Ausbruche ausgeworfen wurden. Es ist dies einer derjenigen Fälle, wo der Erzählende seine Ansicht als eine Thatsache vorträgt. Die Blase lag in der Theorie der Dampfhebung, und muss mit dem Dampfe schwinden. Höchst wahrscheinlich lag die Senkung in der umgebenden Ebene, und die zahlreichen dort ausgebrochenen kleinen Oeffnungen deuten auf eine solche Durchbrechung der Erdschichte durch Bewegung.

---

*) Pogg. 37,171.

Mitwirkung des Meeres bei den Vulkanen.

Alle Vulkane der Erde, erloschene und thätige, liegen im Meere oder dicht am Meere. So die zusammenhängenden Inselgruppen der Azoren, der canarischen Inseln, die Sandwich-Inseln, die Galapagos, die Aleuten, Kurilen, die Japanischen Inseln und einzelne Inseln Pantellaria, Malta, Jan Meyen, Island, Ascension, St. Helena und viele Inseln in Polynesien. Nur ein einziger noch thätiger Vulkan, der Turfan, wird in Mittelasien aufgeführt. Aus diesem Verhalten geht mit Sicherheit hervor, dass das Meer eine ursachliche Beziehung dazu haben müsse. Allein kein Vorgang wird jemals dem Menschen unzugänglicher bleiben, als gerade dieser, da wir kaum Mittel haben, die Oberfläche des Meeresbodens auf seine losen Aufschüttungen zu untersuchen, wie viel weniger die feste Erde selbst. Das schwimmende Schiff wird nicht zwei Augenblicke über derselben Stelle schweben, und jedes Heben der Bohrvorrichtung wird sie an einer andern Stelle niederlassen. Wir sind deshalb allein auf Vermuthungen und Combinationen angewiesen.

Wenn der Meeresboden aus horizontal geschichteten Ablagerungen besteht, die von früheren Bildungen herrühren und auch einmal Festland waren, so ist denkbar, dass das unter ungeheurem Drucke eindringende Wasser theilweise oder vollständige Lösungen bewirken könne. Die Wirkung wird durch Diffusion die Stoffe von unten nach oben ins Meerwasser bringen. Wenn es nun gerade nicht die oberste Schichte, sondern eine zweite und dritte ist, welche dem lösenden Wasser das meiste abgeben muss, so kann sich eine Auswaschung im langen Laufe der Zeiten vollenden, und der durch zunehmende Kalkablagerung immer mehr belastete Boden wird anhaltend den Druck vermehren. Es könnte sich an derselben Stelle in der Tiefe Kalk auflösen, wo sich auf dem Meeresboden Kalk absetzte, denn dieser Absatz des Kalkes geschieht nicht wegen Sättigung des Meerwassers durch kohlensauren Kalk, sondern durch den organischen Vorgang, welchen wir kennen gelernt haben. Die Schalen lebender und eben abgestorbener Thiere sind durch die organische Materie gegen Lösung geschützt, während in Kalkgebirgen aus früheren Zeiten, die schon über Land waren, diese Stoffe zerstört sind. Betrachten wir der Reihe nach die Gebilde der Erde, so erscheinen uns Kalk und Steinsalz als diejenigen, welche am meisten der Auslaugung durch Wasser ausgesetzt sind. Dagegen bemerkt man in den Auswurfsproducten aller Vulkane geschmolzene Silicate, und dies würde auf solche Gesteine hindeuten, von denen wir nicht gut annehmen können, dass sie durch die blose Wirkung des Meerwassers aufgelöst werden könnten. Will man sich nicht in ganz vage Vermuthungen er-

gehen, so muss man zugeben, dass uns hier eine schwierige Frage vorliegt, die, wenn sie nicht durch eine glückliche Combination einmal gelöst wird, durch unmittelbare Beobachtung wohl niemals zu lösen sein wird.

Bimsstein und Obsidian.

Die Worte Lava, Tuff, Rapilli, Schlacken, Bimsstein und Obsidian bezeichnen, wie Glimmer, keine bestimmte chemische Zusammensetzung, sondern nur eine Aggregatform. Der Bimsstein ist ein geschmolzenes Glas, welches durch eine Menge langgezogener Luftblasen sehr porös ist. Seine helle Farbe hat denselben Grund, wie die Weisse des Schnees. Schmilzt man ihn mit dem Knallgasgebläse an, so erscheint das Glas häufig schwarz, obsidianartig. Der Obsidian ist derselbe Stoff, wie der Bimsstein, aber nach längerer Feuerwirkung durch Aufsteigen der Luftblasen dicht geworden.

Nach dem Resultat der Analyse, die nur im Ganzen gemacht werden kann, da geschiedene Mineralien darin nicht vorkommen, zeigen Bimsstein und Obsidian die Zusammensetzung der Trachyte, aber auch mit derselben Breite der Procentgehalte, wie diese selbst durch ihre ungleiche Menge freien Quarzes. Dieser freie Quarz ist als solcher aber ganz verschwunden und in die Masse eingeschmolzen. Daher die grossen Unterschiede im Kieselgehalt von 50 % (Engers) bis zu 74 % (Lipari), und 77,6 % (Ararat), und ebenso im Obsidian von Hawai mit 51,19 % und von Moldauthein oder Marekanka mit 81 %. Die Bimssteine der Eifel sind ärmer an Kieselerde und stehen an 56 bis 58 %, dagegen die von Teneriffa an 60 bis 61 %, Arequipa 62 %, und die Liparischen und von der Insel Santorin 69 bis 73 %. Im Allgemeinen sind die Bimssteine nur aus sehr schwer schmelzbaren feldspathigen Gesteinen, insbesondere aus Trachyt, entstanden. Beim Erweichen der Masse zu einem zähen Flusse blähten sich die kleinen Wassergehalte der natürlichen Feldspathe zu Blasen auf, die beim Durchdrücken durch die vulkanische Oeffnung lang gezogen wurden. Die Bimssteinform kommt deshalb auch nicht wohl in leichtschmelzbaren Silicaten, von Basalt und ähnlichen vor, weil hier die Blasen austreten konnten, oder wenn die Massen gar nicht ausgeworfen wurden, so blieben die Blasen in der Substanz sitzen, und wurden nicht lang gezogen, wie bei dem Mendiger Mühlstein und vielen Basaltlaven der Fall ist. Ein im Kupolofen geschmolzener Feldspath zeigt ein glasiges Gefüge, und Tausende von kleinen

rundlichen Bläschen erscheinen auf dem Bruche. Wäre er im Schmelzen ausgequetscht worden, so würde ein Bimsstein entstanden sein. Sein spec. Gew. ist 2,309.

Zu allen Analysen von Bimsstein oder Obsidian findet sich irgend eine Analyse eines natürlichen Trachyts, die damit fast ganz übereinstimmt.

So haben wir

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	KO	NaO	HO
Trachyt von Berkum	72,26	13,77	2,72	0,22	0,20	4,32	6,56	0,46
Bimsstein von Lipari	73,70	12,27	2,31	0,65	0,29	4,73	4,52	1,22
Obsidian von Lipari	74,25	12,97	2,73	0,12	0,28	5,11	4,15	0,22
Trachyt von der Wolkenburg	62,38	16,88	7,33	3,49	0,82	2,94	4,42	0,87
Obsidian von Lipari	62,70	16,98	5,37	1,77	0,82	6,09	4,35	0,76
Baulit von Island	75,91	11,49	2,13	1,56	0,76	5,64	2,51	
Obsidian von Island	75,77	10,29	3,85	1,82	0,25	2,46	5,56	

Es bedarf daher kaum mehr einer Nachweisung, dass die Bimssteine und Obsidiane nur geschmolzene Trachyte und Feldspathe sind. Ganz besonders wichtig ist hierbei das specifische Gewicht, und da dies eine Grundlage der neuern Ansicht geworden ist, so dürfen wir mit Belegen dazu nicht sparsam sein.

Auch nicht ein einziges specifisches Gewicht erreicht das des Feldspathes. So haben wir den Marekanit mit 2,365; Obsidian von Telkobanya 2,362; indischen Obsidian 2,47; ein Stück Obsidian vom Mückensee, mir von Hrn. Dr. Preyer mitgetheilt 2,379; der dazu gehörige natürliche Trachy-Dolerit 3,128; Wolkenburger Trachyt 2,670, derselbe im Koaksofen stark erhitzt 2,470; ein Stück Granit in Auvergner Lava eingeschlossen, mit noch erkennbarer Granitstructur 2,433; Bimsstein aus dem Handel 2,253; Bimsstein von Metternich 2,211; vom Krufter Ofen 2,031; von Neuwied 1,702 (?); von Engers 1,74 (?); von Teneriffa 2,477; (Obsidian von Teneriffa 2,528); Bimsstein von der Insel Ferdinandea 1,983 (?); vom Vulkan Arequipa 2,571; von Ischia 2,417; von den Campi Phlegraei 2,411; von Pantellaria 2,530; von Santorin 2,355; von Llactacunga 2,224; von Lipari 2,377 (Obsidian von Lipari 2,370).

Hier muss auch noch ein mit grosser Sorgfalt von Gustav Rose (Pogg. 66,102) angestellter Versuch eine Stelle finden. 17 Grm. Adular vom St. Gotthardt wurden in einem Platintiegel im Gutofen der Königl. Porcellanfabrik geschmolzen. Der Adular war hierdurch in ein weisses Glas umgeändert, dass, wie es bei allen Varietäten des Feldspathes der Fall ist, voller kleiner Blasen war. Der Gewichtsverlust betrug

nur 0,0095 Grm. oder 0,056 %, also absolut unbedeutend, und es war durch diesen Versuch dargethan, dass die Aenderung des specifischen Gewichtes nicht von einem Verluste an Substanz herrühre. Das specifische Gewicht des gepulverten Adularglases betrug nach G. Rose (l. c. S. 104) 2,387, und das des natürlichen Adulars 2,5756, also Verlust 0,1886.

Ein ähnliches Resultat gab der geschlämmte Feldspath, wie er auf der Berliner Porcellanfabrik verwendet wird. G. Rose fand den natürlichen Feldspath zu 2,592 und den geschmolzenen 2,384.

Ein krystallisirter glasiger Feldspath von Ischia zeigte 2,5972 und zu Glas geschmolzen 2,4008. Darnach hätte dieser Feldspath, wenn er wirklich aus der Lava kam, von der Hitze noch nichts gelitten.

Deville fand natürlichen Adular zu 2,5610 und den geschmolzenen 2,3512.

Am Laacher See findet man in dem Hohlweg nach Wassenach eine ganze Reihe von Uebergängen aus Trachyt in Bimsstein. Man erkennt in vielen noch die Sanidine, die noch nicht mit der umgebenden leichter schmelzbaren Masse vereinigt sind und das specifische Gewicht ist nur etwas vermindert auf 2,489 bis 2,455. Diese schwereren und am wenigsten aufgetriebenen Gesteine sind in den Krater (das Seebecken) zurückgefallen, die leichter schwimmenden aber weithin fortgetrieben. Von den obigen specifischen Gewichten würde ich alle unter 2 für zweifelhaft halten und durch nicht geöffnete Hohlräume erklären, da wir kein einziges Silicat kennen, dessen spec. Gew. unter 2 stünde. So zeigte der künstlich geschmolzene Feldspath von Büchner in ganzen Stücken 1,93 spec. Gew., aber als Pulver 2,309.

Nach allen diesen Thatsachen könnte man mit Shylock fragen: Habt ihr nun Antwort g'nug?

Nach Anhörung aller Zeugen, nach Anhörung der beiden Partheien und ihrer Vertheidiger wird in der Sache Bimsstein contra Trachyt zu Recht erkannt: In Erwägung, dass alle natürliche Trachyte das hohe spec. Gewicht von 2,56 bis 2,7 haben, dagegen alle natürliche und künstliche Bimssteine und Obsidiane bei gleicher chemischer Mischung das niedrige von 2,2 bis 2,4.

I. E. dass alle natürliche Trachyte durch Schmelzen ihr hohes spec. Gewicht verlieren, und das niedrige des Bimssteins annehmen.

I. E. dass man aus Trachyt durch Schmelzen Bimsstein und Obsidian darstellen kann, aber nicht umgekehrt.

I. E. dass der natürliche Trachyt gemengte Mineralien enthält, die beim Einschmelzen verschwinden, dass dagegen alle Bimssteine und Obsidiane dieselben nicht mehr enthalten, so wie auch keinen freien Quarz: aus diesen Gründen wird der Bimsstein als durch Schmelzen von Trachyt und andern Silicaten entstanden erklärt; dem natürlichen Trachyt jede Schmelzung abgesprochen; die gegnerische Parthei, welche auf eine frühere Schmelzung des Trachyts Ansprüche macht, damit abgewiesen und in die Kosten verurtheilt. Dieses Urtheil kann nun dadurch ange-

fochten werden, dass man den Zeugen Trachyt und Bimsstein falsche Aussagen über ihr spec. Gew. nachweist.

Die Unzugänglichkeit dieser Erklärung lag für die plutonistische Theorie darin, dass sie schon den Trachyt für aus dem Schmelzflusse entstanden ansah, den Obsidian und Bimsstein also nur für eine Umschmelzung erkennen konnte. Es wären dann zwei so verschiedene Dinge auf dieselbe Weise entstanden, was allerdings unbegreiflich war; und dazu bedurfte sie auch noch eine neue Ursache des vulkanischen Feuers, da die angenommene erste Ursache des ursprünglichen Schmelzflusses durch die erste Krystallisation des Trachyts bereits ausgenutzt war. Allein die blose Beachtung des constant verminderten spec. Gewichtes hätte die Ansicht schon ganz beseitigen müssen, dass ungeachtet des gleichen Resultates der Analyse zwei so verschiedene Dinge wie Bimsstein und Trachyt einen gleichen Ursprung haben könnten. Ebenso ist die Thatsache der erloschenen Vulkane mit dem Begriffe der ungeheuren Masse des flüssigen Erdinnern ganz unvereinbar.

Die schwarze Farbe des Obsidians stammt lediglich vom eingeschmolzenen Eisenoxydul ab. Wenn man reine Feldspathe vor dem Knallgasgebläse, oder im Platintiegel einschmilzt, so erhält man ein ganz farbloses, undurchsichtig weisses Glas; dagegen die Trachyte mit ihrem Antheil an Hornblende oder Augit geben immer schwarze Gläser. Die weisse Farbe des Feldspathglases ist durch jeden Porcellanteller bewiesen, und durch die vielen Schmelzversuche, die künstlich angestellt worden sind. Im Bimsstein verschwindet die schwarze Farbe durch die Porosität. Durch diesen Gehalt an Eisenoxydul ist auch das spec. Gewicht der Obsidiane immer etwas höher, als das von reinen Feldspathgläsern, und würde sich ohne diesen Gehalt an Eisenoxydul mehr der Zahl 2,3 nähern.

Es muss hier noch die Thatsache erwähnt werden, dass der natürliche Bimsstein häufig Salzsäure und Kochsalz enthält*). Der Chemiker, welcher mit Schwefelsäure getränkte Bimssteinstückchen zur Absorption von Wasser verwendet, wird von selbst darauf aufmerksam. Man muss die Stücke einmal mit Schwefelsäure getränkt ausglühen, um alle Salzsäure zu entfernen. Der Salzsäuregehalt spricht für die submarine Entstehung.

*) Bolley in Annal. der Chem. u. Pharm. 106,222.

Laven und ihre Einschlüsse.

Neben der Form des Bimssteins und Obsidians treten alle geschmolzenen Silicate auch unter der Form von Laven auf, worunter man alles versteht, was in einem Vulkan schmelzflüssig geworden ist, gleichgültig, ob es herausgeworfen wurde oder nicht. Es finden sich demnach alle Zusammensetzungen der Bimssteine und Obsidiane noch einmal als Laven wieder, von denen erstere nur zwei besondere Cohäsionsabänderungen sind. Die Trachytlaven, in denen man noch Bestandtheile des Trachyts erkennen kann, sind demnach nur weniger veränderte, unvollkommener geschmolzene und in etwas verschiedener Weise herausgeworfene Massen. Besonders aber sind der Lavabildung die leichter schmelzbaren basaltischen Felsarten unterworfen. Sie geben dann die braunen und rothen Schlacken oder Krotzen, wie sie in der Eifel genannt werden. Wie die Basalte, so sind auch ihre Laven arm an eingeschlossenen Mineralien; andererseits sind die feldspathigen Gesteine, wie die Granite, reicher an Einschlüssen, und zwar ganz an denselben Einschlüssen, die man auch anderswo in ihnen findet, wo sie nicht aus einem Vulkan kommen. Man rühmt den Reichthum des Vesuvs und des Laacher Sees an Mineralien. Eine Aufzählung derselben würde, wie C. W. Fuchs sagt, ein Auszug einer vollständigen Mineralogie werden. Unter diesen mit Unrecht vulkanisch genannten Mineralien finden sich Zirkon, Leucit, Glimmer, Apatit, Olivin, Augit, Hornblende, Granat, Idokras, Orthit, u. A.

Wenn nun auch die Zahl dieser Mineralien sehr gross ist, so ist doch die Menge der Exemplare oft äusserst beschränkt, und bei manchen ist gerade nicht mehr gefunden worden, als um eine Analyse zu machen. Die Erklärung dieser Mineralien war für die plutonistische Theorie ein grosser Zwang; da sie aber grundsätzlich zwischen Trachyt und Trachytlaven keinen Unterschied machte, so mussten diese Mineralien in beiden Arten der Gesteine auf gleiche Weise entstanden sein, und weil nun die Laven zuverlässig flüssig waren und man annahm, dass alle Einschlüsse in gleicher Weise, wie die wirklichen Gemengtheile entstanden seien, so kam man dazu, von den Laven die Beobachtung der Feuerflüssigkeit erst auf die Trachyte, dann aber auch auf Granite, Gneisse, Glimmerschiefer, Chlorite, Serpentine etc. zu übertragen. Es ist uns jetzt dieser circulus vitiosus sehr einleuchtend, und auch schon mehrere Mal beleuchtet worden.

Es wird an einer andern Stelle erörtert werden, wie ein Stoff, der nicht bis zur Sättigung in einem Schmelzflusse aufgelöst sei, auch nicht durch Erkalten ausgeschieden werden könne. Es ist demnach nicht be-

greiflich, wie so kleine Mengen seltener Stoffe, als Zirkonerde, Ceroxyd, Lanthan sich in einer so ungeheuren Masse Lava zusammenfinden sollten, um ein regelmässig gebildetes Mineral zu geben. In gleicher Weise, wie man Zirkon in den Laven des Laacher Sees und des Vesuvs gefunden hat, ist er auch als äusserst seltenes Vorkommen im Siebengebirge (v. Dechen, Führer, S. 94) gefunden worden, welches entschieden keiner Feuerwirkung ausgesetzt war. Man hätte also auch hier wieder eine doppelte Entstehungsart desselben Minerals. Ferner sind diese Mineralien in den Laven meistens noch nicht auf ihre physischen Eigenschaften untersucht worden, und diejenigen, welche untersucht wurden (von C. W. Fuchs und dem Verf.), zeigten eine offenbare Einwirkung des Feuers dadurch, dass sie durch ferneres Glühen nichts mehr an spec. Gew. verloren. Es fällt damit die Annahme der Entstehung aus dem Schmelzflusse vollständig zusammen. Betrachten wir nun die einzelnen Mineralien, die bis jetzt als Beweise aufgeführt wurden, so ergibt sich Folgendes.

Eisenglanz kann in Vulkanen durch Sublimation von Eisenchlorid bei Zutritt von Luft entstehen. So wie die Sache liegt, ist dies das einzige Mineral, wenn man Schwefel und Kochsalz nicht rechnet, welches einen rein vulkanischen Ursprung hat, der aber immer nicht mit der gewöhnlichen Annahme der Ausscheidung durch Krystallisation zu verwechseln ist. Das Eisenoxyd war hier durch die freie Salzsäure von der mitverbundenen Kieselerde getrennt worden, und hat dann nachher dieselbe Veränderung erlitten, die wir auch künstlich durch Sublimation von Eisenchlorid, Chromchlorid und andern Chloriden in sauerstoffhaltigen Räumen nachahmen können. Dass natürlicher Eisenglanz in Laven eingeschlossen vorkomme, ist nicht unmöglich, wenn die Zeit der Einwirkung oder die Hitze zu schwach war. Es bleibt dann immer noch unsicher, ob diese Eisenglanzkrystalle früherer nasser Entstehung, wie die von Elba, seien, oder ob sie im Vulkan erzeugt wurden, wo sie ursprünglich immer auf der Aussenfläche sitzen können. Die Gegenwart von Eisenglanz in Laven kann also nichts für die gleiche Entstehung der eisenglanzführenden Granite, Gneisse, Glimmerschiefer u. A. beweisen.

Quarz kommt in Laven in groben Brocken vor, die dann milchweiss, zerreiblich und gewöhnlich von verminderten spec. Gew. sind. Gustav Rose hat Granit von Warmbrunn, der sehr reich an Quarz ist, im Platintiegel der Temperatur des Gutofens der Königl. Porcellanmanufactur augesetzt. Dis geschmolzene Masse bestand aus einem schwarzen Glase (Feldspathobsidian), in welchem weisse Stückchen von Quarz eingemengt waren. Der sorgfältig ausgeschiedene Quarz hatte ein spec. Gew. von 2,337, war also amorph geworden, löste sich mit Leichtigkeit in Flusssäure unter starker Erwärmung, und bestätigte Alles, was wir von Feldspath und Quarz in dieser Beziehung annehmen. Allein der Versuch beweist nebenbei, dass selbst in der Weissglühhitze des

Porcellanofens ganzer Quarz sehr lange der Einwirkung zähflüssiger Silicate widersteht, und dass, wenn Quarze in Laven mit verminderten spec. Gew. vorkommen, sie als vorher bestanden und vom Feuer nicht ganz verändert angesehen werden müssen. Für die Laven und Bimssteine gilt aber die Regel, dass sie keinen freien Quarz enthalten, wie aus dem hohen Gehalte an Kieselerde (bis 80 %) von Bimsstein und Obsidian zu ersehen ist. In diesen Fällen hat die Einschmelzung stattgefunden.

Von besonderer Wichtigkeit ist von jeher das eigenthümliche Vorkommen der Leucite gewesen, und hat selbst den Plutonisten grosse Schmerzen gemacht. Der Leucit ist ein Bisilicat von Kali und Thonerde, ungemein schwer schmelzbar, weiss von Farbe, wie sein Namen andeutet, meist trüb, milchweiss, undurchsichtig. Er wird von starken Säuren vollständig zersetzt. Wenn man eine Lösung von Thonerde in Aetzkali mit einer Lösung von Kieselerde in Kali versetzt, so bleibt die Flüssigkeit anfangs eine Zeit lang klar, später aber trübt sie sich und setzt einen Niederschlag ab, der die Zusammensetzung des Leucits, aber mit Wassergehalt hat. So wäre die Möglichkeit einer Bildung auf nassem Wege angedeutet, da beide Bedingungen wohl in der Natur vorkommen können. Der Leucit kömmt fast nur in vulkanischen Producten, in Laven vor, und deshalb kennt man seinen natürlichen Zustand weniger genau. Es gibt durchsichtige, glasglänzende und auch trübe, milchweisse. Der Unterschied dieser beiden Modificationen ist nicht ermittelt. Sollte er etwa darin bestehen, dass die milchweissen einer stärkeren Erhitzung ausgesetzt waren? C. W. Fuchs fand, dass Leucite aus älteren und jüngeren Laven des Vesuvs keinen Verlust an spec. Gew. durch Weissglühen erlitten. Das spec. Gew. des Leucits beträgt 2,485 bis 2,500. Der am meisten besprochene Einschluss der Leucite sind deutliche Augite. Vergleicht man die Schmelzbarkeit beider Minerale, so leuchtet auf den ersten Blick ein, dass der Leucit die Augitkrystalle nicht im geschmolzenen Zustande umhüllen konnte, eben so wenig, als man eine Talgkerze mit geschmolzenem Blei umgiessen kann, ohne ihre Gestalt zu zerstören. Klaproth (Beiträge I, 21) hat darüber directe Versuche angestellt. Er fand, dass vesuvischer Leucit im Kohlentiegel und im Thontiegel der höchsten Hitze des Porcellanofens ausgesetzt von aussen eine anfangende Schmelzung zeigte, innerhalb aber wenig verändert und noch stark glänzend war; dagegen die inliegende Hornblende (Augit) war zu einem schwarzen Tröpfchen geschmolzen. Nun stecken aber die Augite ganz erhalten mit scharfen Kanten in den Leuciten, und wenn man beim Durchbrechen zufällig auch einen Augitkrystall trifft, so erkennt man an dem Unterschied der Farbe mit der Lupe und dem freien Auge ganz deutlich die scharfkantige Form der Augite. Es bleibt also, wie beim Quarz mit seinen leichter schmelzbaren Einschlüssen, kein Weg übrig, als den Augit für zuerst gebildet und den Leucit als für später und auf nassem

Wege gebildet anzusehen. Noch ist in keinem Vulkan eine solche Hitze wahrgenommen worden, die auch den Leucit in einen Bimsstein oder Obsidian hätte verwandeln können. Dagegen finden sich die Leucite in den Laven häufig zerbrochen und mit abgerundeten Kanten und Ecken in die Lavamasse eingeknetet, was ebenfalls dafür spricht, dass sie vorhergebildet, mit der Lava ausgeworfen und bei diesem Vorgange durch Reiben an einander und durch Stoss diese Verletzungen erhalten haben.

Dass diese Leucite überhaupt nur in vulkanischen Laven vorkommen, kann an dem Schlusse, dass sie vor der Eruption existirt haben, nichts ändern, da ihre Gegenwart in der Lava allein noch kein Beweis sein kann, dass sie durch Erstarren aus der Lava entstanden seien, und weil für alle andern Einschlüsse der Lava, die auch anderswo vorkommen, dieser Beweis wirklich geführt ist. Uebrigens wird ausser der italischen und Eifler Fundstelle noch ein drittes Vorkommen am Kaiserstuhl im Breisgau (Rammelsberg in Pogg. 98,143) angeführt, was sicher frei ist von jeder vulkanischen Einwirkung. Wunderbar ist beim Leucit seine Schwerschmelzbarkeit bei einem Kaligehalt von 20 %. Ein Gemenge von 4 At. Nephelin und 7 At. Feldspath würde ganz dieselbe Zusammensetzung wie ein natronhaltiger Leucit haben, dagegen ungleich viel leichter schmelzbar sein.

Glimmer und Olivine sind schon oft mit Basalt eingeschmolzen worden, und haben sich nach dem Erkalten und dem Bruche wieder gefunden. Ihre Entstehung aus der Lava hat nicht die geringste Wahrscheinlichkeit für sich. Der Glimmer der Eifeler Laven, der Rubellan, hat von seiner dunkelrothen Farbe den Namen erhalten, und bei der entwickelten Bildungsart des Glimmers unter hohen Druck fester Körper kann von einer Ausscheidung aus dem Schmelzflusse keine Rede sein. Es dürften demnach auch alle andern Fälle, wenn man sie genauer untersucht, sich in derselben Weise auflösen. Ueberhaupt ist aber die Ansicht über die Entstehung dieser Mineralien in Laven durch Krystallisation aus dem Schmelzfluss durch gar nichts bewiesen, sondern einfach hingestellt, wobei man es den Vertheidigern der Ansicht selbst überlassen könnte, den Beweis zu führen, ohne uns in die Unkosten zu versetzen, den Gegenbeweis zu führen, was wir jedoch im Intresse der Sache gethan haben.

Schliesslich ist zu bemerken, dass alle Laven wasserfrei sind. Loewe (Pogg. 38,161), von dem mit die ältesten Analysen von Laven herrühren, drückt sich so aus: „Bemerkenswerth ist aber der Umstand, dass die Lava, dies ächt vulkanische Product, nicht eine Spur Wasser enthält, während der Basalt bis jetzt nie ohne Wasser gefunden worden ist." Diese Thatsache ist auch von anderer Seite bestätigt und beiderseitig zugestanden. Sie erklärt sich jetzt in der einfachsten Weise.

Dass die Laven kein freies Magneteisen und kohlensauren Kalk oder gar Spatheisen enthalten, ist selbstverständlich und thatsächlich.

Es schliesst dies aber nicht aus, dass ganze Brocken Kalkstein in Lava eingeschlossen vorkommen könnten.

Die Laven der Vulkane sind selten vollkommen geschmolzen. Eine vollständige Schmelzung verlangt, dass bei nachheriger Behandlung des Pulvers mit starken Säuren sich entweder das Ganze löse, oder gar nichts, es können aber keine Trennungen des Gesteines in verschiedene Mineralien, wie bei Phonolithen und Doleriten vorkommen.

Beträgt die Kieselerde zu viel, so wird nichts gelöst, im andern Falle Alles, oder nur die Kieselerde zurückgelassen werden. Wenn demnach bei Behandlung einer Lava nur ein Theil zersetzt wird, und nach Wegkochen der Kieselerde mit kohlensaurem Natron noch ein verschiedenartiger Rest bleibt, so ist dies ein Beweis, dass keine vollständige Schmelzung eingetreten war. Mitscherlich sagt (Vulk. Eifel S. 62): „Hornblende und Augit werden nur dann vollständig aufgeschlossen, wenn sie einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt gewesen sind. Damit sich Basalt vollständig nach dem Schmelzen in Salzsäure löse, muss man ihn längere Zeit im Schmelzen erhalten; der Augit löst sich dabei in der leichter schmelzbaren Grundmasse auf. Unterlässt man diese Vorsicht, so bleiben später die Augitkrystalle ungelöst.“ Und diesem entsprechend, sagt er S. 18, dass man nach dem Aufschliessen der Laven durch Salzsäure in der zugeschmolzenen Glasröhre die Augitkrystalle unzersetzt erhalte. Es geht daraus auf das bestimmteste hervor, dass das Auffinden von Augiten in Laven nichts für ihre Bildung durch Erstarren beweist, denn in dem Basalt waren die Augite fertig und sind durch das Schmelzen verschwunden; ebenso, dass das Zusammenvorkommen verschiedener Silicate und von Magneteisen mit Silicaten zwar für eine ursprüngliche Bildung auf nassem Wege spricht, aber dennoch eine spätere unvollständige Schmelzung nicht ausschliesst. Das ist jedenfalls klar, dass die Augite, welche durch Schmelzen verschwinden und durch Erstarren nicht wieder erscheinen, nicht durch Schmelzen und Erstarren entstanden sein können. In dem Krater des Vesuv's lässt Mitscherlich die krystallisirten Mineralien sich ausscheiden, verzichtet also auf die langsame Erkaltung und die Wirkung der Massen. Es ist dann nicht einzusehen, warum nicht ähnliche Ausscheidungen sich in unsern Hochofenschlacken oder umgeschmolzenen Basalten bilden sollten, wovon niemals etwas bemerkt worden ist, was eine Aehnlichkeit mit vesuvischen Laven oder natürlichen Basalten gehabt hat. Natürlich müssen solche unvollkommen geschmolzene Laven durch Schmelzen noch einigen Verlust am spec. Gewichte, aber nicht mehr den vollständigen zeigen.

Ueberhaupt aber ist der Verlust am spec. Gew. bei Gesteinen, welche noch Spatheisenstein enthalten, wie Dolerite, Basalte sehr klein und unzuverlässig, wegen der Mitwirkung desselben. Spatheisenstein zu grobem Pulver zerstossen, zeigte ein spec. Gew. von 3,649. In einem bedeckten Platintiegel auf der Weingeistflamme schwarz gebrannt, zeigte

es ein spec. Gew. von 4,572, also eine Zunahme von 0,923, was mehr ist als der Granat durch Schmelzen verliert. Es können demnach die beiden Wirkungen der Auflockerung der Silicate und der Verdichtung des Spatheisens zugleich stattfinden, ohne dass man es wahrnehmen kann, wenn sie sich gerade aufheben; die grössere Zunahme des Spatheisens (0,923) kann die Wirkung einer grösseren Menge von Silicaten mit der kleineren Zahl (0,200) aufheben, ja sogar überflügeln, wo dann die Erscheinung eine umgekehrte sein könnte, ohne dass der Schluss dadurch verändert würde.

An dieser Stelle kann eine Ansicht Bischof's über die Entstehung der Einschlüsse in den Laven nicht übergangen werden. Im 3. Bande seiner Geologie (2. Aufl. S. 262) sagt er, dass selbst unter der Annahme, dass die krystallinischen Gesteine als feuerflüssige Massen aus dem Innern der Erde erhoben worden seien, sie ihre jetzige Ausbildung, wie die alten Laven, erst nach ihrer Erstarrung und Abkühlung auf nassem Wege erlangt haben können. Es wird also angenommen, dass die Laven ihre Einschlüsse nach der Hebung und auf nassem Wege erlangt haben. Diese Ansicht wird aber vollständig widerlegt, durch das ganz ungleiche Verhalten der Laveneinschlüsse und natürlicher Silicate gegen Erhitzung und Schmelzung in Beziehung auf das spec. Gewicht.

Diese Thatsache ist allerdings von mir erst während des Druckes des genannten 3. Bandes ermittelt und veröffentlicht worden, allein sie hebt die Schlussfolgerung Bischof's geradezu auf. In der folgenden Stelle (S. 262) kommt Bischof zu dem Schlusse, dass, weil die Trachytporphyrlaven entschieden als feuerflüssige Massen auf die Oberfläche der Erde gekommen sind, und in ihrer Zusammensetzung so sehr mit den Graniten übereinstimmen, sogar einen gleich hohen Kieselgehalt haben, die Möglichkeit nicht zu bezweifeln sei, dass auch letztere (die Granite) als feuerflüssige Massen emporgetreten sein könnten. „Wäre aber die Bildung des Granits auf feuerflüssigem Wege möglich, so würde man erwarten können, irgend eine Lava zu finden, welche zu einem wenigstens feinkörnigen Granit erstarrt wäre.“ Offenbar ist in diesen beiden dicht auf einander folgenden Sätzen ein Widerspruch enthalten: Aus der Aehnlichkeit der Trachytporphyrlaven mit der Zusammensetzung der Granite ist die Möglichkeit nicht zu bezweifeln; wäre es aber möglich, so würde eine Erscheinung zu erwarten sein, welche nirgendwo eingetreten ist. Durch die Einräumung der Möglichkeit hat Bischof sein mühsam aufgerichtetes Gebäude selbst wieder zerstört, denn die Beweisführung des ganzen Werkes geht auf nichts weiter hin, als die Unmöglichkeit der feuerflüssigen Entstehung der Granite darzuthun.

„Da die Trachytporphyrlaven nach ihrer Entstehung zur krystallinischen Ausbildung gelangt sind, so sind ohne Zweifel eben so strengflüssige Gesteine entstanden, als die Granite; denn es haben sich aus ihnen ebenso bedeutende Massen Quarz ausgesondert, als sich in den

Graniten finden." Bischof nimmt also an, dass der freie Quarz nach dem Erstarren sich ausgeschieden habe. Das ist zunächst gegen alle Erfahrung, dass sich Quarz aus einem Schmelzflusse ausscheiden könne, und dann könnte er auch nicht mit dem hohen spec. Gew. 2,6 vorhanden sein, womit er in den natürlichen Graniten und Porphyren vorhanden ist. Die ausschliessliche Entstehung der Quarze auf nassem Wege war schon von vielen Plutonisten zugegeben worden. Wenn Bischof seinen Satz aufrecht halten will, so ist er genöthigt, den ganzen Inhalt seines Werkes zu widerrufen.

Der Widerspruch löst sich in der einfachsten Weise. Die auf nassem Wege entstandenen Granite und Porphyre können freien Quarz von dem hohen spec. Gew. enthalten. Kommen sie in vulkanisches Feuer von genügender Intensität, so schmilzt zuerst der Feldspath und die grösseren Stücke Quarz bleiben ungeschmolzen, aber mit etwas vermindertem spec. Gewicht stecken; ist aber der Quarz feinvertheilt und dauert die Hitze lange genug, so schmilzt der ganze Quarz ein, ohne sich nachher wieder auszuscheiden, wie die Bimssteine und Obsidiane beweisen, welche bis zu 72 und 80 $\frac{0}{0}$ Kieselerdegehalt im eingeschmolzenen Zustande enthalten. Das ganze Dilemma des berühmten Geologen beruht auf der Annahme, dass die krystallinischen Ausscheidungen nach dem Erstarren auf nassem Wege stattgefunden hätten. Gibt man das zu, so ist auch die Aehnlichkeit mit Granit nicht zu bezweifeln, und dann folgen die andern Schlüsse von selbst. Allein dieser Satz ist ja durch die Untersuchungen der spec. Gewichte vollständig beseitigt. Hätten die Silicate nicht die ausschliessliche Eigenschaft, bei ihrer nassen Bildung ein höheres spec. Gew. anzunehmen, als sie nach starkem Glühen behalten können, so sehe ich auch keine Möglichkeit ein, den Unterschied von manchen Laven und natürlichen Gesteinen sicher festzustellen. Die Sanidine der vesuvischen Laven sind bereits in der im Krater brodelnden Lava enthalten, und Mitscherlich, diese Thatsache zugebend, konnte nicht anders, als die Bildung der Sanidine in den Krater selbst, bei der stürmischen Bewegung und dem Durchdringen des Wassers, zu verlegen. Bis dahin hatten die Plutonisten das hohe spec. Gewicht des Granats, des Feldspaths und anderer Silicate durch die sehr langsame Erstarrung unter hohem Drucke zu erklären versucht. Wenn aber nun die Thatsache feststeht, dass die Sanidine bereits in der noch flüssigen Lava des offenen Kraters vorhanden sind, so ist ihnen auch diese Ausflucht genommen. Was will man gegen eine solche Thatsache machen? Es gibt keine, welche bündiger bewiese, dass die Sanidine der Trachytlaven schon vorher vorhanden waren, und blos nicht zum Schmelzen gekommen sind, als die, dass sie bereits in der noch flüssigen Lava, die brockenweise umhergeschleudert wird, sich befinden. Insbesondere beweist diese Thatsache die Unhaltbarkeit von Bischof's Ansicht, von dem nachherigen Entstehen der krystallinischen Mineralien auf nassem Wege nach der Erstarrung.

Das, was wir über die Unverwitterbarkeit der geschmolzenen Silicate vorgebracht haben, streitet absolut gegen eine solche Annahme, und so liegen denn auch schon Jahrtausende die Auswürflinge der Auvergne und Eifel in der Erde, an der Luft, mit Feuchtigkeit durchdrungen, ohne eine Spur von Verwitterung, die doch nur der Anfang zu einer krystallinischen Umbildung wäre, zu zeigen. Es liegt wesentlich in dem Umstande, dass man sich an den Vulkanen der geschmolzenen Lava nicht leicht nähert und sie nicht beliebig zertheilen kann, dass man die darin steckenden bereits fertigen Mineralien nicht entdeckte, und dass auch nicht jede Lava solche enthält, so dass man aus ihrer Abwesenheit keinen Schluss ziehen kann. Sind aber die Mineralien nicht schon im ersten Augenblicke des Auswerfens darin vorhanden, so kommen sie auch später nicht hinein, und daraus erklärt sich, dass man in allen erloschenen und noch thätigen Vulkanen Laven findet, die sehr reich, arm oder absolut leer an krystallinischen Mineralien sind. Am ärmsten sind offenbar die am leichtesten schmelzbaren, aus vielen basischen Oxyden bestehenden basaltischen Laven, die, wie der Basalt, auch vorher schon weniger davon enthielten, und das Wenige noch durch die Schmelzung einbüssten.

Alter der Vulkane.

Die Entstehung neuer Vulkane und die Wirksamkeit vorhandener reicht bis auf unsere Zeit. Die Insel Ferdinandea, ein in jeder Beziehung ächter Vulkan mit Krater und Auswurf, entstand und verschwand im Jahre 1831 und bildet jetzt auf dem Meeresboden einen Aufschüttungskegel. Wir können die Frage also nur rückwärts, in die Vergangenheit richten, wie hoch das höchste Alter eines Vulkanes sei. Beim Durchbrechen eines Gebirges durch einen Vulkan nehmen wir mit Recht an, dass die Bildung des durchbrochenen Gebirges älter sei, als die des durchbrechenden. Wir können demnach aus der Natur des durchbrochenen Gebirges nicht auf das Alter des Vulkans schliessen, weil die Antwort immer ist, der Vulkan sei jünger. Ein relatives Alter liesse sich nur aus der Lagerung eines andern Gebirges über einem Vulkan erschliessen, also wenn Kalk, Thonschiefer, Sandstein einen Vulkan bedeckten. Dieser Fall ist nicht unmöglich, denn so wie die Eifel und die Auvergne schon untermeerig waren, so können sie es wieder werden, und es können dann alle ächte Meeresbildungen, Steinkohle, Kalk, Thonschiefer und Sandstein auf einen Vulkan zu lagern kommen.

Solche Bedeckung dürfen wir nur an erloschenen Vulkanen suchen und die auch bereits schon einmal wieder ins Meer versenkt waren;

denn auf oberirdischen Feuerbergen, sie mögen noch thätig oder erloschen sein, kann keine neue Gesteinsbildung stattfinden, da hier die einzige Veränderung in sehr langsamer Verwitterung und Abtragung besteht. Von den erloschenen Vulkanen haben nur die weit ins Festland hineingelegenen einige Wahrscheinlichkeit auf Lösung der Frage, denn die am Meere oder im Meere gelegenen sind noch an dem unveränderten Orte ihrer Bildung. Es sind aber weder in der Auvergne, noch in der Eifel solche Bedeckungen mit älteren sedimentären Gesteine bemerkt worden. Dass sich etwa krystallinische Silicate sollten oberhalb der Vulkane gebildet haben, liegt ausser aller Wahrscheinlichkeit. Wenn nun auch wirklich ältere Vulkane mit Meeresbildungen bedeckt worden sind, so ist es doch wiederum sehr unwahrscheinlich, dass solche durch Erosion oder menschliche Arbeiten aufgeschlossen würden. An sich bilden die vulkanischen Erscheinungen nur einen sehr kleinen Bruch der Erdoberfläche, und darum ist auch für die Auffindung früher bestandener und nachher bedeckter Vulkane sehr wenig Aussicht. Die vulkanischen Producte, obgleich sehr wenig der Zersetzung und Verwitterung unterworfen, können doch im Laufe der Zeit der Verwandlung nicht widerstehen, und die Frage ist noch nicht erhoben, also auch nicht gelöst worden, welchen Verlauf und Ausgang diese Producte im Laufe der Zeit nehmen. Es ist also auch denkbar, dass wir einen Vulkan nach einem solchen Vorgang der Stoffwandlung gar nicht wieder erkennen würden. Die Frage nach dem höchsten Alter der Vulkane ist demnach auf dem Wege der Beobachtung nicht zu lösen. Dagegen erscheint die Sache sehr einfach und natürlich aus dem Gesichtspunkte der kreisenden Entwicklung der Erde.

Vulkane entstehen heute noch gleichzeitig mit der Ablagerung aller Meeresgebilde, gleichzeitig mit dem Heraufwachsen der Granite und anderer Silicate. Es ist demnach die grösste Wahrscheinlichkeit auf Seiten der Ansicht, dass dies immer so gewesen sei. Die vorhandenen Stoffe der Erde mussten unter denselben Bedingungen zu allen Zeiten den gleichen Bildungen und Zerstörungen unterworfen gewesen sein, und obgleich wir die Art der unbezweifelten Mitwirkung des Meeres bei der Bildung der Vulkane noch nicht genau kennen, so mussten zu allen Zeiten dieselben Ursachen und Wirkungen vorhanden sein. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, dass Vulkane immer thätig gewesen, und nachher in die Reihe der erloschenen und dem Stoffwechsel wieder anheimfallenden Gesteine übergetreten sind. Es kann deshalb für die Vulkane keine bestimmte Zeit der Bildung gegeben haben, eben so wenig als eine solche für die Meeresbildungen und die Silicatgesteine besteht. Dies stimmt auch mit dem von Zeit zu Zeit beobachteten Auftreten neuer Vulkane. Anzunehmen, dass früher eine Zeit gewesen wäre, wo die Bildung der Vulkane noch nicht hätte stattfinden können, und dass die Bedingungen ihrer Bildung erst in einer gewissen Zeit eingetreten wären, widerspricht allen vernünftigen

Schlussfolgerungen, und würde uns auf den überwundenen Standpunkt der einmaligen, gleichzeitig überall gleichartigen Bildung der Gesteine zurückversetzen. Ueberhaupt aber müssen wir bei einem jeden Vulkan die Zeit der ersten Bildung seines Stoffs, und dann die Zeit seiner Schmelzung und Erhebung, mit oder ohne Ausbruch, unterscheiden. Da der ursprüngliche Stoff aller Vulkane ein auf nassem Wege gebildetes Silicat ist, welches in einer der 3 Reihen der feldspathigen Gesteine gesucht werden muss, so ist einleuchtend, dass über dieses Alter gar keine Vermuthung geäussert werden kann. Wenn wir tief genug in die Erde bohren könnten, so würden wir an jeder Stelle auf eines dieser Silicatgesteine stossen. Wie lange Zeit von der Bildung dieses Gesteins bis zu seiner zufälligen Schmelzung verflossen sei, liegt ebenfalls ausser aller Berechnung. Die gewöhnliche Geologie kennt diesen Unterschied nicht, und verwechselt immer den Stoff mit der Form. Wenn heute ein neuer Vulkan auftritt und jüngere Bildungen mit Laven bedeckt, so erklärt sie diesen Vulkan für jünger als die bedeckten Schichten. Das ist ganz richtig von der Form; aber der Stoff des Vulkans lag schon seit unendlich langer Zeit an derselben Stelle und wurde erst heute geschmolzen und gehoben. Nothwendig sind die Detritusbildungen an sich jünger als die krystallinischen Silicate, aus deren Detritus sie entstehen müssen. Ganz anders schliesst man bei dem Granit. Auch dieser erscheint unter jüngeren Bildungen hervorgehoben, da sie zerbrochen und schichtweise angelehnt an ihm liegen. Es wäre die Erhebung des Granits ebenfalls jünger als die Bildung der anliegenden Sedimentschichten. Hier rechnet man aber mit dem Stoff und schliesst, dass der von zu unterst kommende Stoff älter sein müsse, als der aufliegende, weil letzterer bei seiner Bildung auf ersteren als vorhanden zu liegen kam. Darnach erklärt man den Montblanc für älter als die anliegenden Sedimentgesteine, einen Vulkan aber für jünger. Diese Verwechslung wird mit Beachtung der eigentlichen Sachlage vermieden werden können.

In einen ähnlichen Schlussfehler ist man bei de. Altersbestimmung solcher Silicate gekommen, welche mit jüngeren Bildungen in Beziehung treten. Am Siebengebirge sind Thonschiefer, Trachyt, Basalt, Braunkohlengebirge in mannichfacher Berührung. Aus der Lagerung hat man geschlossen, dass die Aufrichtung der Devonschichten viel älter sei, als die Bildung des Trachyts. Dieser Satz kann angenommen werden, wenn man statt Bildung des Trachyts seine Hebung in die jetzige Stelle setzt, die wohl noch heute fortdauert. Es ist wahrscheinlich, dass das aufgerichtete Thonschiefergebirge die ganze heutige Stelle des Siebengebirges bedeckt habe, und dass damals schon Basalt und Trachyt die Unterlage ausgemacht haben. Mit der langsamen Hebung des Basaltes und Trachyts wurde das Thonschiefergebirge zerbrochen und durch Bloslegung und Verwitterung abgenagt, so dass alle höheren Stellen vollständig frei davon sind, und die Reste nur noch an tiefen

Stellen liegen. Derjenige Basalt und Trachyt, welcher heute frei am Tage liegt, ist wohl eben so alt, als die Aufrichtung der Devonschichten, dagegen der in der Tiefe nachgewachsene, welcher den oberen erhoben hat, dürfte seine Bildung in späteren Zeiträumen gefunden haben. Die Braunkohlenbildung fiel in die Zeit, wo die Erhebung des ganzen Landes aus dem Meere stattfand, und süsses Wasser vom Hinterlande die flachen Seen bereits gefüllt hatte, und hörte auf mit der ferneren Erhebung aus dem Meeresniveau, wo diese Wasserlachen sich ausleerten und trocken wurden. Während dieser ganzen Zeit dauerte die Trachyterhebung fort, und kann weder als früher noch später als die Braunkohlenbildung angesetzt werden. Wenn man immer nur eine Bildung gestattet, so muss jede einzelne früher oder später stattgefunden haben. Das allernatürlichste Verhältniss der Gleichzeitigkeit hat man niemals zugegeben, und sich dadurch eine Reihe von Schwierigkeiten bereitet, die in der Natur gar nicht liegen.

Man könnte die Frage aufwerfen, ob man noch niemals den innern Heerd eines früheren Vulkans durch Verwitterung und Entblösung aufgeschlossen gefunden habe. Dies lässt sich weder behaupten noch verneinen. Wir sind gewohnt, alle oberflächlichen Vorkommnisse vulkanischer Producte als Auswürfe zu betrachten, während auch die Möglichkeit vorliegt, dass diese Produkte niemals als flüssige Massen die Luft berührt haben. Offenbar kann auch ein thätiger Vulkan nicht seinen ganzen Inhalt an Lava auswerfen, sondern ein grosser Theil derselben muss im Schlunde und Heerde selbst nach der letzten Eruption übrig bleiben. Allein es können auch vulkanische Schmelzungen stattgefunden haben, die überhaupt zu keinem Ausbruche gekommen sind, und solche sind wirklich constatirt. In der Eifel kommen viele Schlackenkegel vor, welche keinen Krater haben; andere, welche jetzt noch hoch mit Erde bedeckt sind; wieder andere, welche durch Erosion entblöst worden sind. Der Kamillenberg ist ein Schlackenkegel ohne Krater und Auswurfskanal, ebenso die Falkenlei bei Bertrich u. A.; die Mendiger Mühlsteine sind unterirdische Schmelzungen, welche jetzt noch mit 50 Fuss Erde bedeckt sind, und die Falkenlei ist ein durch ein Bachgerinne geöffneter Schlackenkegel. Ueber das Alter dieser Erscheinungen kann man keine Meinung haben; offenbar hat diese Frage einen doppelten Sinn; einmal wie alt die erste Ablagerung, das andere Mal, wie alt die Schmelzung sei.

Ein vollkommen feststehendes Beispiel einer unterirdischen Schmelzung ohne Durchbruch ist von mir in den Mendiger Mühlsteinen constatirt worden. Diese sogenannte Nephelinlava enthält in den untersten Schichten einen dichten Stein, den Diehlstein, von etwa 3 Fuss Mächtigkeit, welcher noch Kohlensäure enthält, Magneteisen, Augitkrystalle und durch stärkeres Erhitzen 0,128 an spec. Gewicht verliert. Er ist also niemals ganz geschmolzen gewesen, und also auch nicht geflossen. Das letztere gilt auch von dem damit verbundenen Mühlstein.

Ueberhaupt treten an Vulkanen die wirklich vulkanisch veränderten Gesteine ganz nahe mit den unveränderten, natürlichen zusammen auf. Diese Beobachtung hat bis jetzt immer zu dem falschen Schlusse geführt, dass die natürlichen Gesteine auch Laven wären.

Bei der geringen Leitungsfähigkeit aller Gesteine für Wärme sind die äussern Wände eines Vulkans oft ganz natürliche, vom Feuer nicht berührte Gesteine, während nur die Lava das veränderte Gestein ist. Am Puy de Dome kommt Granit und verwitterter Granit (v. Buch's Domit) in grossen Massen vor, trotzdem dass der Kegel selbst einer vulkanischen Wirkung seine Erhebung verdankt. Betrachten wir noch einmal die äussere Erwärmung eines Hochofens, so leuchtet ein, dass die äusseren Seiten des Vesuv's und Aetna's nach tausendjährigem Ausfluss von Lava niemals warm werden können.

Wir haben jetzt das spec. Gewicht, sowie die andern Zeichen zur Entscheidung aller zweifelhaften Vorkommnisse zur Hand. (S. S. 355).

Warme Quellen.

Nachdem die Ursache der Erdwärme in einer Umsetzung von Sonnenwärme in hebende Kraft und diese wieder in Wärme erkannt worden ist, erklären sich auch leicht die Folgen. Das durch die Erde hindurchfliessende Wasser nimmt die Temperatur der Erdschichten an, welche es durchdringt. Quellen, welche nur oberflächlich die Erde durchfliessen, haben die mittlere Temperatur des Bodens. Die Brunnen sind das leichteste Mittel, die mittlere Wärme eines Ortes kennen zu lernen. Kommen sie aus grösseren Tiefen, so zeigen sie eine entsprechend höhere Temperatur. Allein man kann aus anderen Gründen nicht allgemein sagen, dass eine natürliche Quelle aus einer Tiefe komme, welche ihrer Temperatur nach dem Gesetz der Wärmezunahme entspricht. Eine als einheitliche Quelle auf die Erde kommende Wassermasse stammt nicht von einer einzigen Ader her, sondern entsteht aus der Vereinigung vieler und in ungleichen Tiefen beginnender Gerinne. Die Temperatur der hervortretenden Quelle ist das Mittel der einzelnen Adern. Bei einem Artesischen Brunnen, der nur eine, und zwar mit einem Metallrohr ausgefütterte Bohrung hat, mag die Annahme gelten. Es ist eine allgemeine Beobachtung, dass die verschiedenen Quellen eines Ortes bei gleicher Zusammensetzung des Wassers sehr ungleiche Temperaturen und Kohlensäuregehalte zeigen, wie bei Ems, Karlsbad u. A.

Wenn wir nun auch in der Erde eine so grosse Wärmeansammlung

annehmen, dass die nach aussen abgeführte Wärme davon abstammen könne, so ist das Gleichbleiben dieser Temperatur bei der grossen Menge Wasser doch schwer zu begreifen, wenn nicht eine constante Ursache der Wärmeerzeugung vorhanden wäre. Eine solche fanden wir in dem Drucke des einsinkenden Wassers, der durch die engen Kanäle der Gesteinsspalten aufgehalten wird. Es ist bekannt, dass durch Reibung von Wasser an festen Körpern Wärme entsteht. Joule*) hat mit einem darauf gegründeten Apparate das thermische Aequivalent der Kraft bestimmt. In einem geschlossenen Gefässe lässt er ein Schaufelrad mit acht Flügeln durch ein sinkendes Gewicht bewegen. Das bewegte Wasser wird gegen Metallplatten angetrieben, welche fest am Gefässe sind, der Bewegung entgegenstehen und dadurch einen Widerstand, eine Reibung veranlassen. Indem die Bewegung gehemmt wird, verwandelt sie sich in Wärme, die gemessen wird. Die zur Hervorbringung dieses Effectes verwendete mechanische Kraft ergibt sich, wenn man die Gewichte mit dem Gesammtfallraum multiplicirt. Aus eine Reihe von Versuchen fand er, dass 1 Wärmeeinheit (d. h. um 1 Gramm Wasser um 1°C zu erwärmen) das thermische Aequivalent eines Kraftaufwandes von 0,425 Kilogrammometern ist, d. h. 425 Gramme um 1 Meter gesunken. Die mechanische Kraft kann nun auch eine hohe, drückende Wassersäule sein, und die Wärmeentwicklung kann in den engen Kanälen der Gesteine durch Widerstand gegen die Bewegung stattfinden. Je grösser der Druck, d. h. aus je grösserer Höhe das Wasser hinabsinkt, desto grösser muss die Wärmeentwicklung sein. Die Bedingungen dazu sind überall vorhanden.

Die neuerbohrte Mineralquelle zu Neuenahr im Ahrthale, anderthalb Meilen vom Rhein, schickt einen dreizölligen Strahl eines 31°C. warmen alkalischen Mineralwassers 40 bis 50 Fuss hoch in die Luft. Die Wassergarbe erscheint silberweiss von dem sich losreissenden kohlensauren Gase. Die Menge des ausfliessenden Wassers ist ungeheuer, und dennoch hat seit einer Reihe von Jahren die Temperatur noch nicht um das Geringste abgenommen. Aller Wahrscheinlichkeit nach liegt tief unter dem Erdboden eine mächtige Schichte von Trachyt. Dieses Gestein kommt rundum in einzelnen Vorkommnissen zu Tage. Das wenige Meilen entfernte Siebengebirge, die Trachytberge von Berkum, die trachytischen Bimssteine des Laacher Sees und noch eine Reihe einzelner Trachytkuppen umgeben die Lage von Neuenahr. Da der Trachyt durch Auslaugung von Basalten und Doleriten abstammt, so können die Basaltkegel von Neuenahr, an dessen Fusse das Bad liegt, und die gegenüber stehende Landskrone hier ebenfalls herangezogen werden. Der Trachyt bildet ein poröses Gestein, welches selbst vom Regen vollständig durchdrungen wird. Nehmen wir an, dass das von den bedeutenden Höhen der Umgebung aufgenommene meteorische Wasser in der Erde mit

*) Philosoph. Magazine 1847. Bd. 31, S. 173. Pogg. Annal. 73,479.

Kohlensäure zusammenkommt, die reichlich in der ganzen Umgebung zu Tage tritt, und damit gesättigt die Trachytschichte durchdringe, so erklärt sich ebensowohl die Zusammensetzung des Neuenahrer Wassers, als seine hohe Temperatur. Es enthält in 10000 Thln. Wasser nach vielfach wiederholten Analysen des Verf. 7,5 Theil kohlensaures Natron, kleine Mengen von Kochsalz und Glaubersalz, in Kohlensäure gelöste Kalk- und Bittererde, und kleine Spuren von Kali. Der rheinische Trachyt ist ein wesentlich Natron enthaltendes Silicat und daher auch die kalinische Beschaffenheit aller rheinischen Mineralwässer, die in die Hunderte gehen. Das feinporige, durch Ausziehung von Magneteisen, kohlensaurem Kalk und Eisenoxydul durchdringlich gewordene Gestein bietet in seinen engen Kanälen das Hinderniss der Bewegung dar, welches die Wärme erzeugt. Es ist demnach keine Befürchtung vorhanden, dass die Temperatur dieses und anderer Wässer sich jemals vermindern werde, ausser dass kalte Wasser sich oberhalb des Trachytes beimengen, die ohne Druck und ohne Reibungswiderstand keine Wärme erzeugen können.

Von denjenigen Bädern, welche viele Quellen haben, wie Ems, Wiesbaden, Karlsbad können wir die ungleichen Temperaturen durch die ungleiche Grösse des Hindernisses erklären. Das bereits in seinen Bestandtheilen fertige Wasser durchdringt an letzter Stelle ungleich mächtige Schichten Gesteine und nimmt die der Reibung entsprechende Temperatur an. Der schwankende Gehalt an Kohlensäure deutet sich durch die Temperatur selbst, da die kälteren Quellen auch überall die damit gesättigteren sind.

Eine Zunahme der Wärme muss beim Fliessen und Fallen von Wasser jedesmal stattfinden. Wir wissen, dass 1400 Pfd. einen Fuss hoch fallend im Stande sind, so viel Wärme zu entwickeln, als nothwendig ist, um 1 Pfd. Wasser um 1°C. zu erhöhen. Nehmen wir 1400 Pfd. Wasser einen Fuss hoch fallend an, so muss sich das Wasser um $\frac{1}{1400}$°C erwärmen, oder 1 Pfd. Wasser 1400 Fuss hoch haltend würde sich um 1°C erwärmen. Wenn der Aarfall an der Handeck 225 Fuss hoch ist, so würde das Wasser nach dem Falle $\frac{225}{1400} = 0,16$°C wärmer erscheinen müssen, als oben, abgesehen von der durch Verdunstung erzeugten Kühle, und in gleicher Weise würde der Giessbach, bei einer Gesammthöhe seine Fälle von 1100 Fuss (Bädeker) unten, wo er in den Brienzer See stürzt, $\frac{1100}{1400} = 0,8$°C wärmer sein, als bei seinem Eingehen in die Fälle. Ebenso muss Wasser, indem es durch eine Feuerspritze geht, sich entsprechend erwärmen.

Es wäre für die geologischen Freunde in der Schweiz eine intressante Aufgabe, dieses Sachverhältniss an den vielen Wasserfällen dort zu prüfen.

Zwei sehr empfindliche und übereinstimmende Thermometer, die durch Umhüllung träge gemacht und gegen Verletzungen geschützt wären, würden dazu hinreichen. Nach mehrstündiger Einsenkung würde man sie herausziehen und beobachten, und nachher denselben Versuch mit gewechselten Thermometern anstellen.

Die Mineralbestandtheile stammen entweder von directer Lösung oder von nachheriger Zersetzung her. Die im Innern der Erde aus verschiedenen Vorgängen abstammende Kohlensäure löst die basischen Bestandtheile der Silicate zu kohlensaurem Natron, Kali, Kalk, Bittererde; den kohlensauren Kalk und die Bittererde der Erdschichten unmittelbar. Aus kohlensaurem Natron und später angetroffenen Gypse entsteht schwefelsaures Natron und kohlensaurer Kalk, welche in kohlensaurem Wasser gelöst bleiben. Durchgehend ist das Vorwalten der Natronsalze gegen die Kalisalze. Letztere kommen meistens in sehr kleinen, oft kaum bestimmbaren Mengen vor. Dies mag einerseits auf der grösseren Unlöslichkeit der Kalisilicate, dann aber auch in einem nachherigen Austauschen gegen Natron beruhen. Aus den Untersuchungen über die bindende Kraft der Ackererde gegen Mineralstoffe hat sich ergeben, dass Kalisalze viel reichlicher von dem Detritus der Gesteine festgehalten werden, als die Natronsalze. Während Kochsalz fast ganz durch Ackererde durchfiltrirt, bleibt das Kali des Chlorkaliums darin stecken und Chlorcalcium läuft ab. Wenn demnach Kali durch Zersetzung von Kalifeldspath in Auflösung gekommen ist, so wird es auf dem langen Wege der Filtration durch die Erde entweder geradezu festgehalten, oder gegen Natron und Kalk ausgetauscht. Es mag darin der Grund liegen, dass in fast allen Mineralwässern „Spuren" von Kali vorkommen, aber in keinem in reichlicher Menge.

Kochsalz und Gyps sind als Reste früherer Meere vielfach in der Erde vorhanden. Aus dem Begegnen von kohlensaurem Natron und Gyps entsteht ein Glaubersalz haltiges Wasser mit in Kohlensäure gelöstem kohlensauren Kalke. Spuren von Eisen, Phosphorsäure, Lithion, Fluor, Baryt, Strontian und ähnlichen Stoffen werden einfach aus den durchlaufenen Erdschichten gelöst, wenn sie darin enthalten sind, und fehlen, wenn sie nicht darin enthalten sind.

Die übrigen Bestandtheile der Mineralwasser erklären sich leicht durch ihre Natur selbst. Die sogenannten salinischen Wasser enthalten kein kohlensaures Natron, sondern nur neutrale Salze und kohlensaure Erden in kohlensaurer Lösung. Die Neutralsalze sind Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorcalcium, Chlormagnesium, so wie Brom- und Jodsalze. Alle diese Salze verrathen ihre Abstammung aus Steinsalzlagern. Der Unterschied zwischen einem salinischen Mineralwasser und einer Salzsoole ist an sich ganz willkührlich; denn sehr schwache salinische Wasser, wie Kreuznach, werden als Soolen verwendet, und viel stärkere Soolen (Oeyenhausen) als Mineralwasser. Die Gesammtheit der Bestandtheile und einzelne beweisen die Abstammung aus Steinsalzlagern oder

aus Steinsalz haltigen Gesteinen und Thonen, die selbst wieder vom Meerwasser abstammen. Die Salzsoolen können bis zur Sättigung gehen, was aber selten vorkommt. Die stärksten Soolen enthalten am wenigsten Mutterlaugensalze und die schwächsten Soolen in der Regel am meisten davon. Der Grund davon ist einleuchtend und oben (S. 38) besprochen worden.

Schwefelwasserstoffhaltige Quellen verdanken diesen Körper immer der Zersetzung schwefelsaurer Salze durch organische Stoffe. Einzelne selten vorkommende Stoffe, wie Kupfer, Zinn, Borsäure, Arsenik, Jod' leiten sich aus örtlichen Verhältnissen ab und es ist kaum darüber ein Wort zu verlieren.

Die Geyser.

Die Geyser auf Island sind eine besondere Form warmer Quellen von denen einige beständig fliessen oder kochen, andere mit Unterbrechungen Auswürfe kochend heissen Wassers geben.

Die Insel Island ist im Innern ein Heerd vulkanischer Wärme. Der Hekla und der Skaptar-Jokul sind bekannte Feuerberge. Das Senkungsfeld liegt um die ganze Insel herum im Meere und ist dem Menschen unzugänglich; die Gegenwart von innerer Wärme ergibt sich aus den Geysern und den Feuerbergen, und für frühere Zeiten aus den ungeheuren Mengen vulkanisch veränderter Gesteine. Die Gegend der Geyser liegt am Fusse einer Reihe höherer Hügel, welche dieselbe um 3- bis 400 Fuss überragen. Da jedoch das Geyserphänomen einen sehr grossen Heerd voraussetzt, so dürfen wir die nächst gelegenen Höhen durchaus nicht als allein dabei betheiligt ansehen. Im Winter werden diese Gegenden hoch mit Schnee bedeckt, der im Sommer wieder ganz wegschmilzt, weil die untere Schneegänge 2800 bis 2900 Fuss über dem Meere liegt. Dabei sinkt eine grosse Menge Wasser in die Erde ein und dringt durch Spalten bis zu einer bedeutenden Tiefe, wo es die Temperatur der Tiefe annimmt, aber wegen des darauf lastenden Wasserdrucks nicht kochen kann. Das nachdrängende meteorische Wasser hebt das erhitzte an andern Stellen wieder zu Tage, wo es mit einer hohen Temperatur ankommt. War diese Temperatur über der Siedehitze, so musste beim Austreten an die Luft ein Theil des Wassers als Wasserdampf sich verflüchtigen. Das dadurch bis zur Siedhitze abgekühlte Wasser floss ruhig ab, und das neu austretende bewirkte ein beständiges Kochen. Solche kleine Geyser sind in Menge vorhanden und werden von den reisenden Lords, Prinzen und Touristen zum Wärmen des Thee-

wassers benutzt. Das aus den Geysern austretende Wasser ist stark mit Kieselerde und Alkali beladen, was dafür spricht, dass es seinen Weg durch feldspathige Gesteine genommen habe. Durch Verdunstung setzt sich ein Kieselsinter ab, der sich im Laufe der Zeit immer mehr aufbaut. Es entsteht dadurch ein senkrechtes Rohr, welches eine gewisse Menge Wasser enthält, und damit beginnt die Unterbrechung des Kochens. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die jetzt intermittirenden Geyser ursprünglich ohne Unterbrechung kochten, und dass die Zeit der Pausen mit der Höhe des Geyserrohres im Laufe der Zeit gewachsen ist und noch wächst. Wie die Sache jetzt steht, intermittirt der grosse Geyser sehr unregelmässig, und es kommen Pausen von 7 Tagen vor, während er zu andern Zeiten nur 3 und 4 Tage aussetzt.

Der Geyserbezirk liegt, nach Preyer und Zirkel, am Fusse eines steilen, nicht sehr hoch (vgl. oben) sich erhebenden Hügels in einer etwas über 2 Meilen breiten Ebene, welche, ohne Zweifel das Bett eines alten Fiords, sich nach dem Meere zu erstreckt. Die Höhe der Quellen über Reykjavik beträgt nach Bunsen 110 Meter.

Der Kegel des grossen Geysers beträgt über der Thalfläche etwa 30 Fuss und der Durchmesser etwas weniger als 200 Fuss. Seine Böschung ist sehr flach, nach Norden mit 9—10^0, nach Süden kaum mit 7^0 abdachend.

Das Rohr des grossen Geysers hat einen Durchmesser von 9 bis 10 Fuss und eine Tiefe von 70 bis 72 Fuss und oben ein flaches Becken von 4 Fuss Tiefe und 48 Fuss Durchmesser. Die Innenseite des Beckens ist mit Kieselincrustationen bekleidet; das Rohr ist durch Reibung so glatt erhalten, dass es wie polirt erscheint. Im Ganzen liegen um den Geyser und Strokkr noch 40 bis 50 kleinere Sprudel. Nach jedem Ausbruch geht so viel Wasser verloren, dass das Rohr nicht mehr ganz gefüllt bleibt, sondern 6 bis 8 Fuss leer erscheint. Das Steigen des Wassers beginnt so gleich wieder, oder hat, richtiger gesagt, gar nicht aufgehört. Wir müssen annehmen, dass das überhitzte Wasser aus engen Canälen in die untere Gegend des Geyserrohres eintritt und dadurch das Wasser zum Steigen bringt. Die Menge des eindringenden Wassers könnte aus dem Steigen in dem möglichst genau gemessenen Schachte, verglichen mit der Zeit, kubicirt werden. Wenn das Rohr gefüllt ist, steigt das Wasser in das flache Becken, füllt dieses an, und fliesst zuletzt an einzelnen Stellen über. Auch hier könnte es wohl durch ein Gefäss von bekanntem Volum gemessen werden, wenn man die tiefste Stelle des Beckens mit einer Ausflussröhre versähe. Nach allen Berichten soll die Menge des überfliessenden Wassers nicht bedeutend sein. Das eintretende überhitzte Wasser steigert die Temperatur in dem Rohre allmälig. Bei seinem geringeren specifischen Gewichte durch die grössere Wärme steigt es im Rohre und erwärmt die mittleren und oberen Schichten. So bald nun die Temperatur so hoch gestiegen ist, dass Dampf entstehen kann, so zeigen sich einzelne Dampf-

bildungen, die aber durch das kältere Wasser nicht unverdichtet durchkommen und jene kanonenschuss-ähnliche Detonationen verursachen, welche jedem Spiele des Geysers voran gehen. Damit steigt auch die Temperatur in den oberen Schichten, so dass neue Dampfblasen durchbrechen können und einen Theil des Wassers aus dem Becken herauswerfen. Hierdurch wird das übrige Wasser entlastet und der Ueberschuss der Wärme über die Siedhitze zur Dampfbildung verwendet. Diese ist nun sehr plötzlich und gewaltsam, und wirft das siedend heisse Wasser in einer hohen Garbe in die Luft, wodurch ein Theil über das Becken hinausfällt, der andere aber durch Dampfbildung und Berührung mit der Luft abgekühlt wieder in das Becken zurücksinkt. Die Temperatur ist nun unter die Siedhitze gekommen, und das Steigen, Ueberfliessen etc. beginnt von Neuem bis zu einem ferneren Ausbruch. Man könnte erwarten, dass bei strenger Kälte und starkem Winde die Pausen länger würden, weil das zurückfallende Wasser kälter sein musste. Ebenso ist wahrscheinlich, dass der Wasserzufluss bei theilweise entleertem Rohre stärker sein muss, als bei gefülltem Becken, weil im ersten Falle der Widerstand geringer ist. Bei noch höherem Anwachsen des Rohres durch Kieselabsatz dürften die Pausen immer länger werden und zuletzt die Ausbrüche ganz aufhören, weil bei zunehmendem Druck des Rohres immer weniger Wasser von unten eindringen kann und dessen freie Wärme durch Ableitung in die Wände und Verdunsten an der Oberfläche verwendet werden kann. Da sich das ganze Rohr von 70 Fuss Höhe aus diesen unendlich dünnen Schichten von Kieselerde aufgebaut hat, die immer nur der Rest von einer einfachen Benetzung ist, so kann man schliessen, dass dies Phänomen schon eine sehr lange Zeit dauert, und dass deshalb die Quelle der Wärme in seinem sehr ausgedehnten Terrain gesucht werden muss.

Das Geyserwasser ist kein Meerwasser, sondern meteorisches, was in Island so viel sagen will, als Schneewasser. Eine Analyse von Forchhammer (Pogg. 35,347) gibt 0,4 Kieselerde auf 1000 Th. Wasser, und eine spätere von Sandberger (Annal. d. Chem. u. Pharm. 62,49) gibt 0,5 Kieselerde auf 1000 an. Diese ist in kohlensaurem Natron gelöst, und ausserdem sind noch kleine Mengen Kochsalz (0,2521‰) und Glaubersalz (0,107‰) vorhanden.

Die Kieselerde ist als Hydrat in kohlensaurem Alkali gelöst und scheidet sich beim Erkalten nicht ab, sondern nur nach dem Verdunsten des Wassers, was auf die Bildung des Rohres vom grössten Einfluss ist.

Die vorgetragene Theorie des Geyser-Phänomens rührt von Bunsen*) her und stimmt so genau mit allen Erscheinungen, dass sie als richtig angenommen werden kann. Durch Einsenken von Thermometern bis auf den Boden des Rohres constatirte er die Wärmezunahme nach unten, welche $\frac{1}{3}$ Meter vom Boden $127\frac{1}{2}$ °C. betrug.

---

*) Annalen der Chem. u. Pharm. 62, S. 24 u. flgde.

Die Wände des Geyserrohres haben an der Erwärmung gar keinen Antheil, als dass sie wie schlechte Leiter die Wärme zusammenhalten. Beständen sie aus einem freistehenden eisernen Rohre, so würde niemals ein Ausbruch eintreten können. Die kleinern Geyser und die Eigenthümlichkeiten des Strokkrs beruhen auf ähnlichen Verhältnissen und einer verschiedenen Gestalt des Rohres, was hier nicht weiter erörtert werden kann.

Auch bei dem Geyserphänomen hat die oben besprocheue Ansicht von der Wärmeerzeugung durch Druck und Reibung sicherlich Geltung, und das langsame und regelmässige Nachfliessen des Wassers ist der sicherste Beweis. Ohne den Reibungswiderstand würde das Wasser in einem Strahle hervorstürzen. Die wirklich fehlende heftige Bewegung erscheint in Wärme umgesetzt.

Das schönste Gegenstück zum Geyser ist der Tetaratasprudel auf Neuseeland*). Dieser gewaltige kochende Sprudel mit seinen weit in den See hineinreichenden Sintermassen ist das wunderbarste unter den Wundern dieser Antipodeninsel. Etwa 80 Fuss hoch über dem Rotomahama-See, welcher 1088 Fuss über dem Meere liegt, an einem farrnbewachsenen Hügelabhang liegt an einem kraterförmigen, nach der Seeseite offener Kessel mit steilen, 30 bis 40 Fuss hohen, roth zersetzten thonigen Bänken, das grosse Hauptbassin des Sprudels. Es ist an 80 Fuss lang und 60 Fuss breit und bis an den Rand gefüllt mit vollkommen klarem, durchsichtigem Wasser, das in dem schneeweiss übersinterten Becken wunderschön blau, fast türkisblau, erscheint. Am Rande des Bassins war die Temperatur 84° C., in der Mitte aber, wo das Wasser beständig aufwallt, wird es Siedhitze haben. Ungeheure Dampfwolken, die das schöne Blau des Beckens reflectiren, wirbeln auf und verhindern meist den Anblick der ganzen Wasserfläche, aber das Geräusch des Aufwallens und Siedens kann man stets deutlich vernehmen. Eingeborene versicherten, dass bisweilen die ganze Wassermasse mit ungeheurer Gewalt ausgeworfen werde, und dass man dann gegen 30 Fuss tief in das leere Becken blicken könne, das sich aber sehr schnell wieder fülle. Nur bei heftigem, anhaltendem Ostwinde sollen solche Eruptionen vorkommen. Nehmen wir die Angabe als richtig an, so ist die Tetarataquelle ein ungeheurer Geyser, dessen Eruptionen viel weiter auseinander liegen. Die ausfliessende Wassermasse ist bedeutend grösser als bei dem isländischen Geyser. Wenn ihre ursprüngliche Temperatur nicht viel über dem Siedepunkte liegt, so ist es möglich, dass niemals eine Eruption statt finde. Zudem steht die Quelle mit dem ungeheuren Becken in beständiger Verbindung, in welchem eine weit bedeutendere Abkühlung statt findet, die durch Herabsenken des abgekühlten und specifisch schwereren Wassers die Ausbrüche verhindert. Eine Temperaturmessung durch eingesenkte Ther-

*) Hochstetten, Neuseeland, S. 271.

mometer konnte nicht statt finden, weil man sich ohne Boote, die nicht vorhanden sind, nicht bis über die Quelle begeben konnte.

Das Wasser reagirt neutral, hat einen schwach salzigen aber keineswegs unangenehmen Geschmack und besitzt im hohen Grade die Eigenschaft zu versteinern d. h. zu übersintern. Der Absatz ist, wie bei den isländischen Quellen, Kieselsinter, amorphe Kieselerde von 2,2 spec. Gewicht. Sehr wahrscheinlich enthält das Wasser etwas freie Kohlensäure, welche die alkalische Reaction des Natrons aufhebt und die Absetzung der Kieselerde begünstigt. Der Abfluss des Sprudels hat am Abhange des Hügels ein System von Kieselsinterterrassen gebildet, die weiss, wie aus Marmor gehauen, einen Anblick gewähren, den keine Beschreibung und kein Bild wiedergeben kann. Es ist als wenn ein über Stufen herabstürzender Wasserfall plötzlich in Stein verwandelt worden wäre. Die Wasserbecken bilden eben so viele natürliche Badebassins, die der raffinirteste Luxus nicht prächtiger und bequemer hätte herstellen können. Man findet Bassins von jeder Tiefe, bis zum Herumschwimmen, von jeder Temperatur; die obersten zeigen 30, 40 und 50 °C.

Heisse Quellen stehen meistens ausser allem Einfluss vulkanischer Thätigkeit, ja die heissesten unter den permanenten zeigen sich fern von allen Vulkanen (Kosmos I, 229); so die Aquas calientes de las Trincheras (90,3 °C.) in Südamerica, die Aquas de Comangillas (96,4 °C.) in Mexico; ebenso Wiesbaden, Ems, Karlsbad, Baden, Leuk, Pfäffers, Gastein, Brussa u. a., während unter den in die Hunderte zählenden Mineralquellen der Eifel nicht eine einzige heisse ist. Bertrich hat nur 31,8 °C. und die erbohrte Quelle von Neuenahr 42,5 °C.

Zwischen Bona und Constantine in Algier liegen bei Hamman-Berda und bei Hamman-mes-Kutin ausgezeichnete heisse Quellen, am ersten Orte mit 29,3 °C. in solcher Fülle, dass sie eine Mühle treiben können; am zweiten Orte geben sie zu einem Wasserfalle Veranlassung, und ihre Temperatur ist von Desfontaines im Jahre 1786 zu 90,3 °C., im Jahre 1839 von Tripier zu 95 °C. festgestellt worden (Pogg. Ergänzb. I, 376). Auch hier ist von vulkanischen Erscheinungen keine Spur.

Kommen einmal beide Erscheinungen zusammen, wie bei den Isländischen Geysern, so ist die Erklärung um so einfacher.

Die täglich durch den Kreislauf des Wassers in der Erde erzeugte Wärme ist ein Aequivalent derjenigen Masse, welche durch die Auslaugung ihre Unterstützung verliert und der Höhe der darauf folgenden Senkung. Jede ihrer Unterstützung beraubte Masse kommt im Laufe der Zeit einmal zum Sinken, und dieses Sinken wird gehemmt, wenn die Unterstützung dem Drucke das Gleichgewicht hält. An dieser Stelle wird die mechanische Kraft der sinkenden Masse in Wärme verwandelt.

Eine Schwingung, die sich nach den Gesetzen der Wellenbewegung fortpflanzen kann, geht nicht in Wärme über, oder nur theilweise. Nur die Hemmung der Bewegung erzeugt die Wärme aus der Bewegung

Da nun nach unsern Erfahrungen die Erde durch Grundwasser, Quellen täglich an Stoff verliert, so muss auch täglich die Veranlassung zu neuer Wärmeentwicklung darin niedergelegt werden, ohne dass sie täglich zur Ausscheidung käme. Ein gehobenes Gewicht kann unendlich lange in der Hebung bleiben, ohne einen Effect zu leisten. Man könnte mit einem Bogen schiessen, den Odysseus gespannt hätte; man könnte eine Uhr in Gang setzen, die Karl V. aufgezogen hätte, oder von einem Stein erschlagen werden, den ein Baumeister der Pharaonen auf eine Pyramide gehoben hätte. Erst wenn das Sinken eintritt, erfolgt die Arbeit des gehobenen Gewichtes. Die nur zeitweise erzeugte Wärme gleicht sich aber im Laufe der Jahrhunderte aus. Wenn nun die Erde täglich Wärme erzeugt, so muss sie auch Wärme verlieren, oder diese muss sich so weit steigern, dass endlich das Gleichgewicht statt findet. Wir finden also die Nothwendigkeit, dass die Erde trotz der Erwärmung durch die Sonne immer Wärme verlieren muss, wie ein warmblütiges Thier oder ein Ofen. Nimmt die mittlere Temperatur der Umgebung zu, so steigert sich die Wärme in der Erde und im athmenden Thier, bis wieder das Gleichgewicht statt findet. Dies muss aber in der Erde seit undenklichen Zeiten geschehen sein, und wir bedürfen nicht der höheren Analysis um auszurechnen, ob die Erde in der Sonnenbeleuchtung Wärme aus dem Innern verliere oder nicht. Die Mathematiker, welche sich mit diesen Fragen beschäftigten, hatten gewöhnlich das Resultat schon in der Tasche, und kamen dann auch glücklich auf dies Resultat heraus.

Fourier lässt die Erkaltung von aussen statt finden und den innen noch geschmolzenen Kern durch die erstarrte Rinde gegen Wärmeverlust schützen. Dagegen hat Poisson in seinem Werke Théorie mathématique de la Chaleur 1835 t. 3, p. 428, 436, 524 eine von Fourier's Ansicht ganz abweichende Hypothese entwickelt. Er leugnet den gegenwärtig flüssigen Zustand des Kernes der Erde und glaubt, dass beim Erkalten durch Strahlung gegen den Himmelsraum die an der Oberfläche zuerst erstarrten Theile herabgesunken sind, und dass durch einen doppelten ab- und aufwärts gehenden Strom die grosse Ungleichheit vermindert worden ist, welche bei einem festen, von der Oberfläche erkaltenden Körper statt finden würde. Wenn dies auch sehr geistreich ist, so ist es doch geologisch genommen ganz grausenhaft, und hätte Poisson sich nur einmal geschmolzenen und allmälig erstarrenden Feldspath angesehen, so würde er sich eine solche Erklärung erspart haben. Uebrigens kam Poisson auch zu dem Resultate, dass er die innere Erdwärme für kosmische (chaleur stellaire) erklärt und auch die Wärme der artesischen Brunnen für eine blos von aussen in den Erdkörper eingedrungene Wärme.

Die plutonistische Ansicht verlangt zur Erklärung der nicht abnehmenden innern Erdwärme, der heissen Quellen und Vulkane, dass die Erde von ihrem Capital an Wärme nach der Erstarrung einer

Schichte von etlichen Meilen im Laufe der Zeit nichts mehr verliere, und so wurde dies Resultat herausgerechnet, was man schon vorher aus einer Theorie fertig hatte. Nun finden wir aber in der Erde eine ununterbrochen wirkende Wärmequelle, und diese zu dem obigen Gleichbleiben des Capitals gerechnet, gibt eine stetige Zunahme der Wärme, von der wir keine Spuren sehen. Hier ist offenbar die Analyse höchlich compromittirt. Ein anderer Mathematiker rechnet die zunehmende Wärme des Erdinnern mit höheren Gleichungen bis auf viele tausend Grade des Thermometers heraus, und wir finden, dass der Granit gar nicht geschmolzen war, dass Mineralien darin stecken, die bei der Schmelzhitze des Bleies ihre Natur wesentlich verändern, dass nur die oberflächlich gebildeten Laven geschmolzen waren, aber nicht vorher der Stoff, aus welchem sie entstanden. Dies ist ein zweites Fiasco der Analyse, was jedesmal eintreten wird, wenn man ein bereits fertiges Resultat herausrechnen will, was von Hause aus falsch ist. Ob Granit geschmolzen war oder nicht, das kann man nicht berechnen, sondern durch Versuche prüfen. Hier ist nur der Zeugenbeweis zulässig. Es ist sehr schlimm, wenn man mit einer Wissenschaft, welche die Unfehlbarkeit als Fahne hochhält, zu einem entschiedenen Irrthum kommt, wie es die Lehre von dem geschmolzenen Erdkern ist.

Zusammenstellung der Unterschiede natürlicher und geschmolzener Silicate.

Wir haben an verschiedenen Stellen das ganz ungleiche Verhalten natürlicher und geschmolzener Silicate bereits erörtert und durch Beweise belegt. Wir wollen hier kurz diese Unterschiede, soweit sie ermittelt sind, zusammenstellen. Es ist nicht zu bezweifeln, dass sich noch eine Anzahl anderer im Laufe der Untersuchungen herausstellen werden. Die Kennzeichen einer natürlichen, auf nassem Wege gebildeten und niemals von starker Hitze berührten Minerals sind demnach folgende:

1) Gehalt kleiner Mengen Wasser in engen Kanälen eingeschlossen.
2) Gehalt an chemisch gebundenem Wasser in grösserer Menge und constanten Verhältnissen.
3) Gehalt an kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Eisenoxydul in feinster Vertheilung.
4) Gehalt an Magneteisen, Eisenglanz, überhaupt an freien Oxyden in feiner Vertheilung.

5) Gehalt an freier Kieselerde.
6) Gehalt an ausgeschiedenen Mineralien, welche mit der Grundmasse nicht gleichartig sind, und theilweise Aufschliessbarkeit durch Säuren.
7) Gehalt an Schwefelmetallen.
8) Gehalt an pyrognomischen Mineralien der Gadolinit- oder der Granatgruppe.
9) Geringerer Widerstand gegen Verwitterung.
10) Lamellare Structur des Verwitterungsproductes.
11) Leichtere Zersetzbarkeit durch Salzsäure und Flusssäure nach starkem Glühen oder Schmelzen.
12) Hohes specifisches Gewicht, welches durch Glühen und Schmelzen in ein niedrigeres übergeht.
13) Vorkommen als Ausfüllung sehr dünner Gänge.

Ausserdem sind noch einzelne Fälle vorgekommen, denen man wegen ihrer Seltenheit keine Nummer geben wollte, wie das Vorkommen organischer Reste (der bekannte Homalonotus), oder brennbarer Stoffe (des Asphaltes im Granit), das Decrepitiren der Pulver in rascher Hitze. Alle diese Zeichen treten niemals beisammen auf, einige heben sich sogar wechselseitig auf. Aber eine gewisse Anzahl ist immer vorhanden und genügend zum Beweis. Der Basalt z. B., welcher sich noch am längsten als plutonisches Gestein aufrecht gehalten hat, besitzt von diesen Zeichen die grösste Zahl, nämlich alle mit Ausnahme der freien Kieselerde, und des chemisch gebundenen Wassers. Den Phonolithen fehlt oft nur Nr. 5. Die Granite zeigen 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 und 13; es können aber auch 5, 7 und 8 fehlen. Nr. 12 fehlt aber bei keinem einzigen und ist auch allein zum Beweise hinreichend.

Ein vollständig geschmolzenes Silicat darf aber keines dieser 12 Zeichen an sich tragen, und hier ist es sehr bezeichnend, dass sich die Angaben dieser Zeichen niemals widersprechen. Wenn das Mineral durch Schmelzen nichts mehr am spec. Gewicht verliert, so enthält es auch kein Wasser, keine Kohlensäure, kein Magneteisen, keine freie Kieselerde, keine getrennte Mineralien, keine Verwitterbarkeit, keine Plattenform. Dabei sind nur diejenigen Fälle auszunehmen, wo die Zeit der Einwirkung des Feuers nicht lange genug oder nicht stark genug war. Es kann also Quarz in groben Brocken, Glimmer und Leucit, Eisenglanz in Stücken vorhanden sein, ohne die Schmelzung des umhüllenden Gesteins auszuschliessen. In diesem Falle haben die eingeschlossenen Mineralien meistens einen nachweisbaren Verlust am spec. Gewicht erlitten. Bei Krystallen von Eisenglanz findet natürlich dieser Umstand nicht statt, da er durch Glühen sein spec. Gewicht nicht ändert, allein hier fehlt auch die Bedingung der feinen Vertheilung. Oft ist schon ein einziges Zeichen zur Entscheidung genügend. So zeigt z. B. der Domit vom Puy de Dome unter dem Mikroscop sehr deutliche Lamellen (Zeichen 10), und gibt dadurch zu erkennen, dass er trotz

seines Vorkommens auf einem vulkanischen Kegel, nichts als ein verwitterter Granit ist.

Durch alle diese Thatsachen ist das plutonistische Düppel wie mit einer Reihe von Batterieen umspannt, die ihm zuletzt keinen Ausweg mehr lassen. Die Batterieen sind mit gezogenen Geschützen versehen, d. h. mit vielen auf der Wage erhaltenen Zahlen-Resultaten, bei denen die Gemüthlichkeit aufhört. Im Kriege ist noch Ehre zu gewinnen bei einer Vertheidigung auf Leben und Tod, weil jeder Theil besondere Pflichten gegen sein Vaterland hat. In der Wissenschaft ist das ganz anders, da besteht für beide Theile nur ein gemeinschaftliches Vaterland, die Natur und die Wahrheit; je länger man sich vertheidigt, desto weniger Ehre, wenn man zuletzt im Nachtheil bleibt, denn man hat dann nur einen Irrthum vertheidigt. Wollen die Belagerten den Platz nicht bei Zeiten übergeben und mit kriegerischen Ehren abziehen, so wird ihnen ein 18ter April nicht ausbleiben.

Aeltere Hebungstheorie.

Die Hebungstheorie, welche sich gegen Ende des vorigen Jahrhunderts ausbildete und den grössten Theil des laufenden Jahrhunderts in unbestrittener Geltung erhielt, ist so ganz wunderbar und unbegreiflich, dass ich Bedenken trage, sie referendo mitzutheilen, aus Furcht, man möge mir die Absicht unterstellen, sie lächerlich zu machen. Als hauptsächliche Gestalten dieser von Hutton herrührenden Ansicht gelten bei uns Leopold v. Buch und Alexander v. Humboldt, und bei den Franzosen Elie de Beaumont. Ihnen schloss sich als Mitkämpfer Arago an, der zwar der Geologie an sich fremd war, aber mit seiner Beherrschung der populären Literatur als ein sehr wichtiger Bundesgenosse angesehen wurde. Und so kam es, dass mit Zustimmung des Hrn. Elie de Beaumont im Annuaire von 1830 jener Aufsatz über das relative Alter der Bergketten in Europa erschien, der wegen seiner „Wichtigkeit“ in Poggendorff's Annalen Bd. 18 S. 25 mitgetheilt wurde. Man ist um so sicherer, hier nur die allgemein gangbaren Ansichten vorgetragen zu finden, als Arago ex propriis nichts hinzufügen konnte.

„Cicero sagte, heisst es dort, dass er nicht begriffe, wie zwei „Auguren sich ohne Lachen ansehen könnten. Dasselbe würde man „vor einigen Jahren von den Geologen haben sagen können, ohne dass „auch diese sich gerade darüber hätten beschweren dürfen; denn ihre „Wissenschaft bestand damals aus einer blosen Sammlung wunderlicher

„Hypothesen, deren Nothwendigkeit durch keine einzige genaue Beob-„achtung erwiesen war. Gegenwärtig aber nimmt die Geologie einen „Rang unter den exacten Wissenschaften ein. Die Zahl der einzelnen „Arbeiten, aus denen sie besteht, ist unermesslich; die gesammten That-„sachen sind ebenso zahlreich als gut beobachtet, und einige der allge-„meinen Resultate, die man aus ihnen abgeleitet hat, verdienen unsere „Aufmerksamkeit in sehr hohem Grade, denn sie geben uns Aufschlüsse (!) „über den ursprünglichen Zustand des Erdballs und die entsetzlichen (!) „Umwälzungen, welche er früher von Zeit zu Zeit erlitten hat. — Ich „habe gerade diese Aufgabe gewählt, weniger wegen ihrer Neuheit, als „vielmehr wegen der Klarheit und Strenge der Methode, mittelst welcher „es Hrn. Elie de Beaumont geglückt ist, sie zu lösen." —

„Es ist gegenwärtig eine fast allgemein angenommene Meinung, „dass die Gebirge durch Hebungen gebildet wurden; dass sie aus dem „Innern der Erde emporstiegen und dabei die Kruste derselben mit „Gewalt durchbrachen, so dass es also einstens eine Epoche gab, wo „die Erdbodenfläche keine bedeutende Unebenheiten darbot."

„Seitdem diese grossartige Ansicht Eingang gefunden hat, sind bis „dahin unübersteigliche Schwierigkeiten aus der Wissenschaft ver-„schwunden. Das Vorkommen von Conchylien auf den Gipfeln der höch-„sten Berge z. B. ist nun ohne die Annahme, dass das Meer sie in ihrer „gegenwärtigen Lage bedeckt habe, leicht zu erklären; denn man braucht „nur anzunehmen, dass die Berge bei ihrem Hervortreten aus dem „Wasser die vom Meere abgesetzten und ihre Gipfel bedeckenden Ge-„birgsmassen mit emporhoben und solcher Gestalt in eine Höhe von 3 „oder 4000 Meter versetzten." —

„Unter den sehr verschiedenen Gebirgsmassen, aus denen die Erd-„kruste zusammengesetzt ist, gibt es eine Klasse, welche man Flötz-„gebirge (terrains de sédiment) genannt hat."

„Die eigentlichen Flötzgebirge bestehen ganz oder zum Theil aus „Trümmermassen, die von den Gewässern fortgeführt worden sind, ähn-„lich dem Schlamm in unsern Flüssen, oder dem Sande an den Küsten „des Meeres. Dieser mehr oder weniger feinkörnige Sand bildet, nach-„dem er durch ein kalkiges oder kieseliges Bindemittel zusammenge-„kittet worden ist, die Felsart, welche man Sandstein nennt. Gewisse (!) „Kalksteine werden ebenfalls zu den Flötzgesteinen gerechnet. Die „Flötzgebirge bestehen immer deutlich aus aufeinander liegenden Schich-„ten. Man kann die neueren derselben in vier grosse Abtheilungen „zerfällen, die ihrer Altersfolge nach die folgenden sind:

„Der Oolithen- oder Jurakalk,
„die Formation von Grünsand und Kreide,
„die Tertiärgebilde,
„das ältere aufgeschwemmte Land.

„Der Uebergang von einer zur nächstfolgenden geschieht nicht durch „unmerkliche Abstufungen, sondern man bemerkt eine plötzliche und

„scharfe Veränderung in der physischen Natur der Ablagerung und der „organischen Wesen, deren Ueberreste in derselben befindlich sind. So „ist es klar, dass zwischen der Zeit der Ablagerung des Jurakalks und „der der Fällung des ihn bedeckenden Systems von Grünsand und Kreide „eine vollständige Erneuerung im Zustande der Dinge auf der Erdober-„fläche eingetreten ist. Dasselbe lässt sich auch von der Epoche sagen, „welche die Ablagerung der Kreide von der der Tertiärgebilde trennt, „und ebenso liegt es am Tage, dass zwischen der Ablagerung der Ter-„tiärformation und der Bildung des älteren aufgeschwemmten Landes „entweder der Zustand oder die Natur der Flüssigkeit, aus der sich diese „Gebirge niederschlugen, vollständig geändert worden sein muss."

„Diese grossen, scharf geschiedenen und nicht allmäligen Verände-„rungen in der Natur der successiv vom Wasser abgesetzten Massen „werden von den Geologen als die Wirkungen derjenigen Begebenheiten „betrachtet, welche sie Umwälzungen der Erde nennen. Obgleich „es schwierig scheint, genau zu sagen, worin diese Umwälzungen be-„standen, so ist doch nichtsdestoweniger ihre Existenz gewiss (!!) —

„Unbestreitbare geologische Beobachtungen haben gezeigt, dass die „Kalkschichten, aus denen die 3 bis 4000 Meter hohen Gipfel des Buet „in Savoyen und des Mont Perdu in den Pyrenäen bestehen, gleichzeitig „mit den Kreideschichten an den Küsten des Kanals gebildet worden „sind. „Wenn die Wassermasse, aus der sich diese Kreide niederschlug (!), „eine Höhe von 3—4000 Meter gehabt hätte, so würde sie ganz Frank-„reich bedeckt haben, und es müssten ähnliche Niederschläge auf allen „Höhen von 3000 Metern vorhanden sein." —

„Die Flötzgebirge scheinen, wie ihre Natur und die regelmässige „Anordnung ihrer Schichten lehrt, in Zeiten der Ruhe abgesetzt worden „zu sein. Jedes derselben ist durch ein besonderes System organischer „Wesen, Pflanzen und Thiere charakterisirt, und es ist daher die An-„nahme unumgänglich, dass zwischen den Zeiten der Ruhe, welche der „Ablagerung zweier dieser auf einander liegenden Formationen ent-„sprechen, eine grosse physische Umwälzung auf der Erde statt gefunden „habe. Wir wissen (!) jetzt, dass diese Umwälzungen aus der Hebung „eines Gebirgssystems bestanden, oder wenigstens durch ein solches „charakterisirt wurden."

Es werden nun zunächst 4 Hebungen aufgeführt und darunter soll die älteste sein die des Erzgebirges in Sachsen, weil von den 4 Flötzgebirgen die drei obersten der Erdoberfläche zunächst liegenden, oder die jüngsten, in horizontalen Lagen bis zum Fusse der Gebirge in Sachsen, der Côte d'Or und von Forez sich erstrecken, und nur das eine, der Jurakalk, aufgerichtet steht. „Mithin sind das Erzgebirge, die Côte „d'Or und der Mont Pilaz in Forez nach der Bildung des Jurakalkes „und vor der Bildung der drei übrigen Flötzgebirge aus der Erde her-„vorgetreten."

„In den Pyrenäen und Apenninen finden sich zwei Gebirgsmassen

„aufgerichtet, nämlich der Jurakalk und der Grünsand mit der Kreide, „dagegen liegen Tertiär und Alluvion in ursprünglicher Horizontalität, „und endlich sind im Ventoux alle 4 Flötzformationen aufgerichtet und „keine in horizontaler Lage."

Da diese 4 Hebungen mit so grossem Beifall aufgenommen worden waren, so fügte Herr v. Beaumont*) noch 8 andere hinzu, bei denen man über die Gründe der Hebung ebenso ungewiss bleibt, als bei den 4 ersten. Man kann sich nun in der That wundern über die Gläubigkeit, womit diese Dinge aufgenommen wurden. Die früheren Geologen dachte man sich in der Lage der römischen Auguren, die hätten lächeln sollen, wenn sie sich einander begegneten. Uns scheint es, als hätten Herr v. Humboldt und v. Buch, sowie die Herren Arago und E. v. Beaumont eben so viele Ursache gehabt zu lächeln, wenn sie sich begegneten, als zwei römische Auguren. Sie konnten in der That zufrieden sein mit der anbetungsvollen Verehrung, welche die Mitwelt ihren Phantasieen schenkte. In ihrer Hebungstheorie war die hebende Kraft die Spannung der Wasserdämpfe (vgl. S. 302), von der sie sich ein dunkles unbestimmtes Bild machten. Sie hatten keinen einzigen Fall vor sich, dass in dieser Art ein Gebirge gehoben worden wäre; sie hatten die Natur der Gebirge nicht untersucht, um sagen zu können, dass dieselben wirklich einmal feuerflüssig gewesen wären; sie konnten nicht erklären, warum bei diesen Hebungen die starre Erde nicht geborsten sei und den Wasserdampf hätte entweichen lassen; sie konnten nicht erklären, warum das Gebirge in der Hebung stehen geblieben ist, wenn unter ihm eine Dampfblase war; sie legten sich nicht die Frage vor, was für eine Substanz den Raum füllte, der durch die Hebung des Gebirges aus der Erde frei geworden war, und sie waren auch nie kühn genug zu sagen, dass der Himalaya und der Montblanc wirklich auf einer Erdblase stünden, was doch eine nothwendige Folge ihrer Dampfhebung war. Die Schöpfer der Theorie konnten also auch niemals eine innere Ueberzeugung haben, weil sie diese Frage von dem Hohlraum so geflissentlich vermieden.

Statt eines Beweises folgt (Pogg. 18, S. 29) jene Aeusserung: „Diese grossen, scharf geschiedenen und nicht allmäligen Veränderungen in der Natur der successiv vom Wasser abgesetzten Massen, werden von den Geologen als die Wirkungen derjenigen Begebenheiten betrachtet, welche sie Umwälzungen der Erde nennen. Obgleich es schwierig scheint, genau zu sagen, worin diese Umwälzungen bestanden, so ist doch nichtsdestoweniger ihre Existenz gewiss."

Nach der plutonistischen Ansicht fallen Erhebungstheorie und vulkanische Theorie vollkommen zusammen, während sie nach unserer jetzigen Ansicht himmelweit verschieden sind. Die Erhebung der Ge-

---

*) Pogg. 25 1.

birge geschieht durch Wachsen derselben in der Tiefe, die Schmelzung durch örtliche Arbeit der Erde.

Hierüber finden wir in v. Humboldt's Schriften nur sehr unbestimmte Andeutungen.

„Die chemischen Stoffe (Ans. der Natur II, 202) mögen sich in bestimmten Mischungsverhältnissen krystallinisch an einander gereiht haben; immer erkennen wir, dass ähnlich zusammengesetzte Stoffe auf sehr verschiedenem Wege an die Oberfläche der Erde gekommen sind, entweder blos gehoben oder aus temporären Spalten vorgedrungen, und dass sie, die älteren Gebirgsschichten, d. h. die früher oxydirte Erdrinde, durchbrechend, sich endlich aus Kegelbergen, die einen permanenten Krater haben, als Lavaströme ergossen. Die Verwechslung dieser so verschiedenartigen Erscheinungen führt die Geognosie der Vulkane in das Dunkel zurück, dem eine grosse Anzahl Erfahrungen sie allmälig zu entreissen angefangen hat."

Es ist sehr schwierig, sich aus diesen zugeknöpften Aeusserungen eine Meinung über die Ansichten des Verfassers zu bilden. Etwas mag auch in der Darstellungsweise Humboldt's liegen, was ein allgemeines Verständniss erschwert. Man ist darüber getheilter Meinung. Indem ich meine Ansicht zurückhalte, will ich nur eine Aeusserung von Oscar Fraas (Vor der Sündfluth, 1866, S. 498) mittheilen. „Die Schreibweise Humboldt's," sagt er, „ist eine classische zu nennen, was tiefe und geistvolle Speculation anbetrifft, aber eben darum ist sie für weitaus die Mehrheit der Menschen unverständlich, weshalb seine Werke eine eigene Humboldt-Literatur zur Folge gehabt haben, in der eine Reihe von Gelehrten bemüht war, in verständlicher Sprache die Gedanken des grossen Geistes zu übersetzen und den Gebildeten zugänglich zu machen."

Man könnte zweifelhaft sein, ob Herr Fraas damit der classischen Schreibweise eine Empfehlung habe geben wollen. Die Verwechslung von Geistvoll mit Unverständlich findet sehr häufig statt.

Ein eigentlich geologisches, oder dem Titel nach, geognostisches Werk von Humboldt: Versuch über die Lagerung der Gebirgsarten in beiden Erdhälften, deutsch bearbeitet von Leonhard, 1823, soll ein Bild über die Lagerung der Gebirgsschichten geben. Das Werk wird mir ewig unvergesslich bleiben, weil ich als Student viele Zeit damit verloren habe, daraus etwas zu lernen, und es immer mit dem Eindruck des Schülers im Faust aus der Hand legte

„Mir wird bei Alledem so dumm,
„Als ging mir ein Mühlrad im Kopf herum.

Da wird S. 204 die Steinkohlenablagerung, der rothe Sandstein und der Flötzporphyr (!) in einem Capitel als zusammengehörig abgehandelt; ein zinnerzführender Granit als ein besonderer Granit aufgeführt (S. 73); der Anhydrit als etwas für sich Bestehendes, Ursprüngliches behandelt; der Thon mit Pyropen (S. 202) unter die ausschliess-

lich vulkanischen Gebilde eingereiht; das Quecksilber als eine gemeinsame Beziehung zwischen Kohlensandstein und Alpenkalk (S. 258) besprochen u. s. w.

Was man nicht begreifen kann, lässt sich auch nicht behalten Man wird durch die Menge der Thatsachen verwirrt, aber nicht belehrt. Diese Lehren lassen sich höchstens auswendig lernen, wenn man daran Geschmack findet. Viele wollen von selbst nicht das Wort sprechen, dass sie diese Dinge nicht begriffen; sie bekommen aber den Muth dazu, wenn sie einen kräftigen Zweifel an der Unfehlbarkeit derselben hören. Die Geognosie jener Zeit war ein Conglomerat von Unbegreiflichkeiten. Sehr viel Riobamba und Popocatepetl. „Worte, Worte“ wie Hamlet sagt.

Nicht nur, dass diese Erklärungen nichts erklärten, sie bedurften noch einer Erklärung*) um verstanden zu werden, und oft war die Hypothese schwerer zu erklären, als die Naturerscheinung selbst. Die Mässigung des gespannten Dampfes, dass er den Himalaya nur hob ohne durchzubrechen, ist ungleich schwieriger zu deuten, als die Hebung selbst; das Zusammengehören der Steinkohle mit dem Kalke und Sandstein ist unbegreiflicher, als die Entstehung der Steinkohle selbst. Die Commentare zum Kosmos hatten allmälig die Natur ganz aus den Augen verloren, und sich lediglich auf die Erklärung des Kosmos gelegt, wie man auch früher den Aristoteles statt der Natur studirte.

Leopold von Buch**) will die äussere Gestalt der Granitgebirge deuten, welche nach ihm aus grossen Ellipsoiden von vielen Meilen Erstreckung bestehen und auch kleinere Hügel bilden. „Im Innern sind „diese Gewölbe (?) aus Schalen gebildet, welche concentrisch über ein„ander liegen, in immer kleineren Bögen, bis zu einer Art von Cylinder, „von nur geringer Breite. Die Lage der darauf liegenden Gebirgsarten „und die Veränderung, welche durch den Granit an ihren Gränzen her„vorgebracht wird, lässt als wahrscheinlich vermuthen, dass der Granit „selbst als eine Art von Blase sich aus dem Innern erhoben und die „ihn bedeckenden Gebirgsarten auf die Seite geschoben, oder ganz zu „neuen Gebirgsarten (?) verändert hat. Die Schalenzertheilung würde „eine Folge des mit hoher Temperatur hervorsteigenden Granits sein. „Die Oberfläche dieser Granitgewölbe ist gar häufig mit einer unglaub„lichen Menge von Blöcken bedeckt u. s. w.“

Herr v. Buch hat sich aus seiner Theorie eine Ansicht über die innere Structur der Granitgebirge gebildet, und es nur darin verfehlt, dass er uns diese Ansicht als eine Beobachtung mittheilt. Bis jetzt ist noch kein Granitgebirge so weit aufgedeckt worden, dass man diese Schalen und den darunter liegenden kleinen Cylinder gefunden hätte.

---

*) I wish he would explain his explanation. Byron, Don Juan.

**) Pogg. 58,289.

Unter der Blase versteht Herr v. Buch keinen blasenförmigen Hohlraum, sondern eine mit Granit gefüllte blasenförmige Masse, und die Granitgewölbe sind ihm auch nicht hohl, wie ein Kellergewölbe, sondern mit immer kleineren Gewölben erfüllt. Wir fragen also, was hat den Brocken hervorgedrängt, was ist jetzt in dem Raume, den der Brocken vor seiner Hebung in der Erde eingenommen hätte? Keine Antwort. Der Granit war nach Herrn v. Buch „mit hoher Temperatur" hervorgestiegen. Worte, Worte.

Die Art und Weise der Erhebung der Gebirge dachte man sich als eine sehr plötzliche, stossweise und nannte sie Eruption, und die so gehobenen Gebirge eruptiv. Cicero sagte von der Flucht des Catilina*): abiit, excessit, evasit, erupit. Bei dieser Redeform, die man eine Climax nennt, hat jedes folgende Wort einen stärkeren Sinn. Offenbar hatte die lateinische Sprache keinen stärkeren Ausdruck für eine gewaltsame Bewegung, als die eruptio, worin der Begriff des Bruches oder der Ruptur eingeschlossen ist. Von diesem Nebenbegriff machte man keinen Gebrauch. Spröde Dinge lassen sich langsam beugen ohne Bruch. Eine Siegellackstange hohl gelegt wird krumm; durch eine rasche Gewalt zerbricht sie in Stücke. Von dieser Art des stossweisen Hebens, was einen Haufen Trümmer hätte erzeugen müssen, fand man in der Natur keine Spur. Nichtsdestoweniger bediente man sich immer des Wortes eruptiv, und zuletzt wurde es auf alle Silicate, auf Spatheisenstein, Kochsalz, Serpentin, Flussspath und andere unmögliche Dinge angewendet, und dadurch zu einer Phrase, die man nach Bardolph's**) Art erklären könnte: Phrase nennt ihr es? Beim Element, die Phrase kenne ich nicht, aber das Wort will mit meinem Degen behaupten, dass es ein geologisches Wort ist und womit man erstaunlich viel ausrichten kann. Eruptiv ist, wenn ein Berg, wie sie sagen, eruptiv ist, oder wenn er das ist, — wodurch man ihn für eruptiv halten kann, was eine herrliche Sache ist.

Schon Virgil hatte eine Erklärung des Aetna (Aeneis III, 578) gegeben, die sich der besprochenen Hebungstheorie gleichberechtigt an die Seite setzen lässt:

„Fama est Enceladi semiustum fulmine corpus
„Urgeri mole hac, ingentemque insuper Aetnam
„Impositam ruptis flammam expirare caminis,
„Et fessum quoties mutet latus intremere omnem
„Murmure Trinacriam, et coelum subtexere fumo.

Es dürfte an dieser Stelle passend sein, etwas über die Erhebungskratere Leopold von Buch's zu sagen. Dieselben wurden zwar schon zu seiner Zeit nicht allgemein angenommen, aber hier und dort, selbst

---

*) Catil. II, 1.
**) Kön. Heinrich IV., 2. Thl. 3,1.

im Kosmos, angezogen. „Vulkane sind, nach v. Buch*) fortdauernde Essen, Verbindungskanäle des Innern mit der Atmosphäre, welche Eruptionserscheinungen aus kleinen nur einmal wirkenden Krateren um sich verbreiten. Erhebungskratere dagegen sind die Reste einer grossen Kraftäusserung aus dem Innern, die ganze Quadratmeilen grosse Inseln auf ansehnliche Höhe erheben kann und erhoben hat. Es sind kegelförmige und sehr ausgedehnte Umgebungen mit Schichten, die scheinbar söhlig im Innern, von allen Seiten nach Aussen hin mantelförmig abfallen. Von diesen Umgebungen gehen gar keine Eruptionserscheinungen aus; es ist durch sie kein Verbindungscanal mit dem Innern eröffnet. Dieser Unterschied ist, wie mir (v. B.) scheint, mehr eine Beobachtung als eine Hypothese.“ (!)

Mit andern Worten sind Erhebungskratere alle rein vulkanische Höhen, die keinen sichtbaren Krater haben; da aber dieselbe hebende Ursache für die Vulkane und die Granite angenommen wird, nämlich Wasserdampf, so müssen auch die Alpen, die Pyrenäen, der Himalaya, der Brocken, das Riesengebirge und andere ebenfalls Erhebungskratere sein, da diese niemals einen Krater zeigen. Es ist nicht einzusehen, warum hier nach dem Stoff ein Unterschied gemacht wird, wenn die hebende Ursache in beiden Fällen dieselbe ist. Umgekehrt ist bei vulkanischen Höhen der Mangel eines Kraters gar kein Beweis, dass ein solcher nicht vorhanden war. Die Insel Ferdinandea war ein Vulkan mit offenem Krater, der sich weit über das Meer erhob. Wenn aber die Insel durch den Wellenschlag soweit wieder abgetragen wurde, dass ihre Spitze jetzt tief unter dem Meeresniveau liegt, so ist gar keine Wahrscheinlichkeit, dass jetzt noch die geringste Spur eines Kraters vorhanden sein solle; dasselbe gilt für die Sabrina und andere wieder zerstörte Erhebungen. Kommen diese Stellen einmal durch Hebung aus dem Meere, so werden die ehemaligen Vulkane rundliche Schutthaufen von vulkanischen Rapilli, Schlacken und Sand vorstellen, an denen man keine Spur eines Kraters wahrnehmen kann. Solche haben wir zahlreich als Hummeriche in der Eifel. Die kleinste Einsenkung auf dem Gipfel sieht man mit Recht als den Rest eines Kraters an. So haben der Hochsimmer bei Mayen, der Bausenberg, der grosse Wannen, die Kunksköpfe noch deutliche Spuren von Krateren, dagegen sind Leilenkopf, Herchenberg, Plaidter Hummerich so verschüttet, dass man mit Bestimmtheit nichts erkennen kann. Der Vesuv war zur Zeit des Spartacus ebenfalls verschüttet, hatte aber noch eine bedeutende Einsenkung. Der Puy de Dome hat auf der höchsten Spitze noch verschüttete Einsenkungen und an der hintern von Clermont abgewendeten Seite einen kreisförmigen Kraterrand, der zum jetzigen Gipfel eine excentrische Stellung hat, wie die Somma zum jetzigen Vesuv. Die lang dauernde Wirkung von Luft, Regen und Schnee ist auch nicht ausser Acht zu lassen. Es gibt über-

*) Pogg. 37,169.

haupt 2 Ursachen, wodurch der Mangel eines Kraters gedeutet werden kann: einmal, dass er vollständig verschüttet wurde, wie bei den submarinen Inseln sehr wahrscheinlich ist, die andere, dass er gar nicht vorhanden war, dass die vulkanische Schmelzung eine unterirdische war, die durch Erosion nachher zu einem Kegel gestaltet wurde, wo dann die Erhebung, abgesehen von der vulkanischen Schmelzung, in gleicher Weise wie bei allen Basaltkuppen statt fand. Ein Aufblähen zu einer Blase, wie die Buch'sche Theorie erfordert, ist undenkbar, wenn man die porösen, zerrissenen Gesteine solcher Hummeriche betrachtet. Bei der oft sehr spitzen Form dieser Kegel kann man sich keine Gestalt dieser Blasen denken, die offenbar noch spitzer sein müsste als der Kegel selbst, und die bis hoch über die Erde reichen müsste. Wenn einmal eine solche Blase durch Steinbruch aufgedeckt würde, so würden die Actien der Erhebungskratere bedeutend steigen. Bis dahin müssen wir die Blase für eine Blase halten. Uebrigens war das Wort Erhebungskrater seiner Bedeutung nach nicht gut gebildet, und erinnerte zu sehr an die gleiche Ableitung von lucus a non lucendo, wenn man unter Erhebungskrater eine Erhebung ohne Krater verstehen sollte.

Wir müssen noch mit einigen Worten auf die Stellung zurückkommen, welche Humboldt der Geologie gegenüber eingenommen hat. Er hat in seinem Leben die Achtung und Bewunderung seiner Zeitgenossen in einem Grade empfangen, wie nicht leicht, ausser Newton und Goethe, ein Anderer. Alexander von Humboldt, geboren am 14. Sept. 1769, war nach menschlichen Ansichten einer der beglücktesten Sterblichen, die jemals gelebt haben. Alles, wornach andere Menschen ihr Leben lang vergeblich ringen, war ihm von selbst zu Theil geworden. Hohe gesellschaftliche Stellung, Vermögen, Gesundheit, Schönheit der Form, Verstand weit über das arithmetische Mittel der Menschheit, Unabhängigkeit, die Verehrung und Bewunderung seiner Zeitgenossen, die Freundschaft Schiller's und seines Königs, die höchsten Auszeichnungen dürften ihm wohl, wie Karl dem Fünften, das Wort entreissen: ich bin gesättigt. Und dennoch hatte dies Alles für ihn den einen Nachtheil, dass er den Wissenschaften, die man nicht durch blose Anschauung, sondern durch mühsames Arbeiten erringen kann, der Chemie, der Physik, der Mathematik etwas ferner blieb. Unter weniger günstigen Verhältnissen geboren hätte er den universellen Ruhm vielleicht nicht erreicht, aber in einzelnen Wissenschaften wahrscheinlich mehr geleistet. Seine Arbeiten sind mehr durch die Mannigfaltigkeit der Gegenstände, als durch die Erfolge berühmt geworden. Bei der gereizten Nervenfaser, bei der Entstehung der atmosphärischen Electricität, bei der Erklärung der Vulkane, des Nordlichtes, des irdischen Magnetismus wird sein Name zwar vielfach genannt, aber es sind keine Resultate übrig geblieben, die noch heute in der Wissenschaft Geltung hätten. Jedes seiner Worte fand Bewunderer, wenn es auch so wenig besagte, als ein „magnetisches Gewitter" zur Erklärung

des Nordlichtes. Selbst offenbare Fehler wurden ihm nicht vorgehalten. „Nichts scheint zu beweisen, sagt er (Kosmos 1,293), dass das vegetabilische Leben früher als das animalische auf der alten Erde erwacht sei, dass dieses durch jenes bedingt sei. Selbst die Existenz von Menschenstämmen, welche in die eisigen Polarländer zurückgedrängt worden sind, und allein vom Fischfang und Cetaceen leben, mahnt uns an die Möglichkeit der Entbehrung des Pflanzenstoffs." Dies wurde 5 Jahre nach dem Erscheinen von Liebig's Anwendung der Chemie auf Agricultur und Physiologie geschrieben, worin die Beziehungen beider Reiche so scharf festgestellt waren. Gibt es etwa Thiere, welche Albumin aus Ammoniak und Kohlensäure ohne Hülfe der Pflanzen bereiten können, um nachher dem Menschen als Nahrung zu dienen? Wenn das einem Andern geschehen wäre? Der rhodische Genius, eine Apotheose der Lebenskraft, lässt uns seine Naturanschauungen als dilettantisch erscheinen.

In der Geologie hat Humboldt zu der Lehre des Plutonismus selbstständig nichts beigetragen, sondern ihn blos im Kosmos formulirt und in seinem Namen gewährleistet. Bei dem natürlichen Ausgang des Plutonismus unter der Wucht der Thatsachen üben wir Gerechtigkeit an Humboldt, wenn wir ihn von der Vaterschaft an denjenigen Sätzen freisprechen, die jetzt als unhaltbar befunden wurden.

Was könnte auch ein Eigenthumsanspruch an einem strandenden und nicht versicherten Schiffe nützen. Im Humboldt liefen zu seiner Zeit alle Fäden der geologischen Forschungen zusammen, und wurden von ihm, wie von einem grossen Bankhause, mit seinem Namen versehen, wieder in Cours gesetzt, und dann unbedenklich in Zahlung angenommen. Er hatte ursprünglich über sehr bedeutende Mittel zu verfügen, da er lange Zeit mit America ohne alle Concurrenz gearbeitet hatte.

Sein Einfluss auf die Geologie war offenbar hemmend. Während seiner ganzen langjährigen Herrschaft in diesem Gebiete ist keine bedeutende Entdeckung, die gestaltend auf die Wissenschaft eingewirkt hätte, zu Tage getreten. Wer durfte es wagen, einem Manne von dieser Anerkennung und Geltung, widersprechend, ja nur zweifelnd entgegenzutreten? Alles drehte sich nur um Billigung und Anbequemung an das herrschende System, und viele gingen hierin weiter, als es vielleicht ihrem Schutzherrn bequem war. Die Wissenschaft war formulirt und zum Stillstand gebracht. Selbst sein Panegyriker C. O. Weber*), der sich ganz im Strome der damaligen Zeitrichtung bewegte, konnte keine epochemachende Erweiterung der Naturwissenschaften aufweisen, die von Humboldt durch eigne geistige Kraft zu Tage gefördert worden wäre. Statt dessen, dass sein Verlust unersetzlich (S. 301) gewesen wäre, war nicht einmal ein Lücke entstanden, und die Aeusserung Schiller's war in der That der Wahrheit näher gekommen, als der ganze Inhalt des Panegyricus, der grösstentheils schon zur Zeit von Hum-

*) Verhandl. des naturh. Vereins f. Rheinland-Westphalen 10, S. 300.

boldt's Leben geschrieben und gedruckt war, und nach seinem Tode noch einmal als Leichenrede benutzt wurde.

Auch Leopold von Buch, welchen Humboldt den grössten Geologen unseres Zeitalters (Kosmos 1,257) nennt, hat unter dem Nachtheil gelitten, als ein grosser Herr auf die Welt gekommen zu sein, der nicht nothwendig hatte, streng zu studiren. Seine mangelhaften Kenntnisse in Physik und Chemie gingen ihm überall nach, und verhinderten ihn in einer Wissenschaft, die zum grössten Theil auf chemischen Vorgängen beruht, jemals den rechten Grund zu finden. Von Allem, was er in der Lehre von den Vulkanen, über die Bildung der Silicatgesteine und ihre Beziehungen zu einander gelehrt hatte, ist nicht ein Korn übrig geblieben. Als Belege zu dem Gesagten dienen seine Dolomittheorie, seine Erhebungskratere, seine Entstehung des Todtliegenden und der Steinkohle durch aufsteigenden Porphyr (Geognost. Briefe, S. 75), seine racketenartig aufschiessenden Alpen, die mit der Geschwindigkeit einer Kanonenkugel hinfliegenden erratischen Blöcke, und vieles Andere. Ueber Mangel an Anerkennung von Seiten seiner Zeitgenossen*) kann er nicht klagen. Aber auch die Geschichte hat ihre Rechte. L. v. Buch vertrug keinen Widerspruch, und die Art und Weise, wie er Meinungsverschiedenheiten abfertigte, benahm Vielen die Lust, sich als Ignoranten behandeln zu lassen, die sich zu einer grossartigen Naturanschauung nicht erheben könnten.

Aeltere vulkanische Theorie.

Die Humboldt-Buch'sche Theorie legt die Ursache der Vulkane in die als im Schmelzflusse noch befindliche Masse des inneren Erdkerns und sieht die Vulkane als letzte und schwache Spuren derselben Thätigkeit an, wodurch früher die Urgebirge gehoben wurden. Durch das Eindringen des Wassers in diese Schmelze und den dadurch entstehenden hochgespannten Wasserdampf wurden die Bewegungen und Auswürfe erklärt. Da man aber doch jetzt nicht mehr aus den Vulkanen Granit, Gneiss, Basalt etc. heraustreten sah, so nannte man diese Gesteine plutonische, zum Unterschiede von den noch heute aus den Vulkanen sichtbar geschmolzen hervortretenden Laven, die man vulkanische nannte. Einen Grund, warum das eine früher und das andere noch heute geschehen konnte, wusste man nicht anzugeben, fand

*) Vergl. Verhandl. des naturhistor. Vereins für Rheinland-Westphalen 10, S. 241.

sich aber auch davon entbunden, weil man in einigen Laven Mineralien beobachtete, welche in plutonischen Gesteinen ebenfalls vorkamen. Indem man sicher zu sein glaubte, dass die in den Laven enthaltenen Feldspathe und Augite sich während des Erkaltens ausgeschieden hätten, durfte man denselben Schluss auch auf die Granite und Trachyte übertragen, und so kam es, dass man einige dieser Gesteine, z. B. den Trachyt aus den plutonischen herausnahm und unter die vulkanischen reihte. Von nun an war keine Rettung aus dem Irrthum mehr möglich, bis nachgewiesen werden konnte, dass die Feldspathe und Augite der Laven nicht daraus durch Abkühlen entstanden, sondern dass sie als vorher darin vorhanden der Einschmelzung und Veränderung entgangen seien. Dieser Beweis ist nachher (S. 334) vollständig erbracht worden.

Da es unter den Geologen auch Moderados gibt, welche nicht alles ihnen Entgegenstehende sogleich verwerfen, so könnte ich von dieser Seite den Vorwurf erwarten, dass ich dem Plutonismus Dinge zugemuthet habe, an welche jetzt Niemand mehr denkt, dass ich also gleichsam gegen Windmühlen föchte. Um mich dagegen zu verwahren, will ich die plutonistische Anschauung aus wörtlichen Anführungen allgemein anerkannter Autoritäten entnehmen.

„Die feuerflüssiggebildeten Eruptivmassen der Vulkanperiode bestehen aus Gemengen kieselsaurer Salze, die während ihres Ergusses zu einer homogenen Flüssigkeit verschmolzen waren. Erst bei dem Erstarren nahmen diese Gemenge die Gestalt plutonischer Gebirgsarten an, in denen sich der völlig homogene Charakter der ursprünglichen Masse nur selten wiederfindet. Man weiss (!), dass mit dem Erstarren eine Scheidung in bestimmt gesonderte Fossilien eintritt, die in einer gleichförmigen, noch nicht zu constanten Verbindungen individualisirten Grundmasse liegen, oder sich ohne Zwischensubstanz zu krystallinischen Aggregaten gruppiren. An solchen rein krystallinischen Aggregaten sind die Produkte der jüngsten Eruptionsperioden nicht eben reich*).“

Nach dem, was oben von den Bimssteinen und Einschlüssen der Laven gesagt wurde, brauche ich hier auf diesen Gegenstand nicht wieder einzugehen, sondern kann mich darauf beschränken, dass die oben erwähnte Armuth der heutigen Eruptionsprodukte an krystallinischen Aggregaten lediglich von deren Einschmelzung in die amorphe Grundmasse herrührt, dass also diese Krystalle durch Schmelzen nicht gebildet, sondern vielmehr wieder zerstört worden sind.

Ueber die Ursache der Vulkane sind wir eigentlich berechtigt, nähere Kenntniss und Belehrung bei A. v. Humboldt zu suchen, da er mit den vollkommensten Vorkenntnissen und Hülfsmitteln ausgerüstet mehr derselben untersucht hat, als sonst ein Geologe. Doch wird unser Wunsch in dieser Beziehung sehr wenig befriedigt. An keiner Stelle seiner Werke wird eine genügende Erklärung, sondern nur sehr unbe-

*) Pogg. 83,197.

stimmte Andeutungen gegeben, aus denen nicht einmal die Ansicht des berühmten Reisenden genau hervorgeht.

„Ein eigentlicher Vulkan entsteht nur da, wo eine bleibende Verbindung des innern Erdkörpers mit dem Luftkreise errungen ist. In ihm ist die Reaction des Innern gegen die Oberfläche in langen Epochen dauernd.“ (Kosm. 1,236).

„Als Folge einer grossen, aber lokalen Kraftäusserung im Innern unseres Planeten heben elastische Dämpfe entweder einzelne Theile der Erdrinde zu domförmigen ungeöffneten Massen feldspathreichen Trachyts und Dolerits, Puy de Dome und Chimborazo, empor, oder es werden die gehobenen Schichten durchbrochen.“ (Kosmos 1,235).

„Vulkanicität, d. h. die Reaction des Innern eines Planeten auf seine äussere Rinde und Oberfläche, ist lange Zeit nur als ein isolirtes Phänomen in der zerstörenden Wirkung ihrer finsteren unterirdischen Gewalten betrachtet worden; erst in der neuesten Zeit hat man angefangen, die vulkanischen Kräfte als neue Gebirgsarten bildend oder als ältere Gebirgsarten umwandelnd zu betrachten.“ (Kosmos 1,257).

„Alle vulkanische Erscheinungen sind wahrscheinlich das Resultat einer steten oder vorübergehenden Verbindung zwischen dem Innern und Aeussern unseres Planeten. (Umgekehrt!) Elastische Dämpfe drücken die geschmolzenen, sich oxydirenden (!) Stoffe durch tiefe Spalten aufwärts. Die Vulkane sind demnach intermittirende Erdquellen. Die flüssigen Gemenge von Metallen (!), Alkalien und Erden, welche zu Lavaströmen erstarren, fliessen sanft und stille, wenn sie gehoben irgendwo einen Ausgang finden.“ (Ans. d. Nat. II, 203).

Auch der am 24. Jan. 1823 in öffentlicher Sitzung der Akademie zu Berlin gehaltene Vortrag: „Ueber den Bau und die Wirkungsart der Vulkane,“ der so recht angethan war, den Hauptinhalt seiner Erfahrungen und Ansichten bündig vorzulegen, bringt uns gar keine Erklärung, sondern nur Vieles über Höhenmessungen, Kraterveränderungen und Ausbruchserscheinungen, und am Schlusse findet sich die sehr reservirte Aeusserung: „Nach dieser Ansicht der Dinge wäre die Temperatur der Vulkane die des inneren Erdkörpers selbst; und dieselbe Ursache, welche jetzt so schauervolle Verwüstungen anrichtet, hätte einst, auf der neu oxydirten Erdrinde, auf den tief zerklüfteten Felsschichten unter jeglicher Zone den üppigsten Pflanzenwuchs hervorrufen können.“ (Ans. d. Nat. 2,204). Also doch nur wäre und hätte, ohne feste Ueberzeugung, und das ist nicht zu verwundern, da die Ansicht, dass durch blose innere Erdwärme Palmen hätten auf Spitzbergen wachsen können, wohl nicht zur Ueberzeugung gelangen kann.

„Vulkane, welche von einem fortdauernden Verkehr zwischen dem flüssigen (geschmolzenen) Innern der Erde und der, die starre oxydirte Oberfläche umhüllenden Atmosphäre zeugen, sind in ihrer Verbindung mit Steinsalzbänken, mit Salsen (kleinen Ausbruchkegeln, welche Schlamm, Naphtha, inspirable Gasarten, bisweilen selbst, aber nur auf

kurze Zeit, Flammen, Dämpfe und Blöcke ausstossen), mit heissen Quellen, Erdbeben und Erhebungen von Gebirgsmassen ein so wichtiger und grossartiger Gegenstand der Naturbetrachtung, dass sie nicht blos den Geognosten, sondern den Physiker, im allgemeinsten Sinne des Wortes, interessiren.“ (Pogg. 18,1).

„Das Erstarren des Zähen oder des Beweglich-Flüssigen unter grösserem oder geringerem Drucke scheint hauptsächlich den Unterschied der Bildung plutonischer und vulkanischer Gebirgsarten zu bestimmen“ (Kosmos 1,244), und dennoch fragen wir, wo ist denn dieser Druck beim Montblanc und der Jungfrau, wenn „die Eruptionsgesteine aus dem Innern der Erde, vulkanisch geschmolzen, im weichen, mehr oder minder zähem Zustande, plutonisch ausgebrochen“ sind. (Kosmos 1,258).

„Das Erdbeben ist dem ersten Anschein nach ein bloses dynamisches, räumliches Phänomen der Bewegung.“ (Kosm. 1,220).

„Der innere Zusammenhang aller hier geschilderten Erscheinungen (vom Erdbeben) ist noch in Dunkel gehüllt. Elastische Flüssigkeiten sind es gewiss (?), die sowohl das leise Zittern der Erdrinde, als die sich durch Getöse verkündigenden furchtbaren Explosionen verursachen.“ (Kosm. 1,221).

„Die kleinste und grösste Höhe der Punkte, in denen die vulkanische Thätigkeit des Innern der Erde sich an der Oberfläche permanent wirksam zeigt, ist eine hypsometrische Betrachtung, die für die physische Erdbeschreibung das Intresse gewährt, welches allen sich auf die Reaction des flüssigen Inneren des Planeten gegen ihre Oberfläche beziehenden Thatsachen eigen ist. Das Maass der hebenden Kraft offenbart sich allerdings in der Höhe vulkanischer Kegelberge; aber über den Einfluss der Höhenverhältnisse auf Frequenz und Stärke der Ausbrüche ist nur mit vieler Vorsicht ein Urtheil zu fällen. Einzelne Contraste gleichartiger Wirkungen in Frequenz und Stärke bei sehr hohen und niedrigen Vulkanen können hier nicht entscheiden. Mittelzahlen können nicht angewendet werden. Das Phänomen ist also in Hinsicht auf Causal-Zusammenhang ein unbestimmtes.“ (Kosmos 4,288).

Man erkennt aus jedem Worte die Noth des Darstellenden, über einen Gegenstand zu schreiben, von dem er absolut nichts weiss, als die äussere Erscheinung, und wo das, was er davon glaubt, auf einem feuerflüssigen Irrthum beruht. Die Welt, welche das Zutrauen zu dem grossen Reisenden hat, dass er den innern Vorgang der Vulkane kenne, fordert Belehrung von ihm und setzt ihn in die Lage, das Ungenügende seiner Erkenntniss offen darzulegen, und ist dann mit dem Ergebniss an Belehrung nicht zufrieden. Es erklärt sich daraus leicht, dass unwesentlichen Nebendingen eine grosse Aufmerksamkeit geschenkt wird, und so folgt an der zuletzt citirten Stelle die Eintheilung der Vulkane in 5 Gruppen nach ihrer Höhe, die wohlfeilste, aber auch die am wenigsten sagende Eintheilung, die von Jedem übertroffen werden kann, dem es einfällt, dieselben in 10 Gruppen der Höhe nach abzutheilen.

Das ist die Folge der falschen Stellung.

Sodann führe ich hier noch die Worte eines der bedeutendsten Verfechter dieser Ansicht, Carl Friedrich Naumann in Leipzig an, der bei seiner hohen wissenschaftlichen Stellung die Meinung für sich hat, dass er seine Ansicht am besten begründen werde. Die Stellen finden sich in seinem Lehrbuch der Geognosie, Leipzig 1850, jedesmal auf den angegebenen Seiten.

I. S. 733: „Die Laven erscheinen zwar an der Oberfläche der „Lavaströme als schlackenartige, im Innern derselben aber als krystal- „linisch körnige oder porphyrartige Gesteine, so dass sie in dieser Hin- „sicht den Porphyren, Grünsteinen und selbst gewissen Graniten durch- „aus nicht nachstehen. Ihre vorwaltenden Gemengtheile sind Labrador, Augit, Leucit und Magneteisenerz, zu welchem sich bisweilen Glimmer „und Olivin gesellen; in den Trachytlaven spielt ausserdem der Sanidin „eine wichtige Rolle. Da nun alle diese Gesteine ganz unzweifelhaft „bei vulkanischen Eruptionen im feuerflüssigen Zustande an die Erd- „oberfläche gelangt sind, so kann über ihre pyrogene Natur und über „die Art und Weise ihrer Entstehung kein Zweifel obwalten. Hier ist „noch hervorzuheben, dass sie zwar insgesammt aus Silicaten bestehen, „jedoch keine freie Kieselsäure in Form von Quarzkrystallen „enthalten. Die Augitlaven stehen aber den Basalten so nahe, ja, „viele Basalte sind so gewiss (!) aus Kratern in förmlichen Strömen ausge- „flossen, dass es ganz unmöglich ist, für die Basalte ungeachtet ihres „Wassergehaltes eine andere Entstehung geltend zu machen.“

In diesen Sätzen Naumann's ist Wahrheit und Dichtung, wie Basalt und Lava, mit einander verflochten. Die Gleichheit und Aehnlichkeit der Laven und der natürlichen Silicate existirt durchaus nicht. Man kann überall leicht eine Lava von einem durch Feuer noch nicht veränderten Silicate unterscheiden. In den vulkanischen Theilen unserer Eifel sind zahllose Vorkommnisse von Laven, die niemals Jemand mit den Basalten des Siebengebirges, des Westerwaldes verwechselt hat. Der Roderberg bei Mehlem liegt ½ Meile vom Godesberg und kaum halb so weit von Rolandseck, und dennoch nennt Jeder den Roderberg ein Lava, was er entschieden ist, und die beiden andern ganz nahen Gesteine ächte Basalte. Die Lava ist wasserleer, der Basalt wasserhaltig. Nun erklärt Naumann den Basalt ohne Weiteres für eine Lava, „ungeachtet seines Wassergehaltes.“ Er hätte nachweisen müssen, warum die natürlichen Basalte immer wasserhaltig sind, und die Laven niemals; warum die obern Schichten der Laven schlackenartig, die der Basalte aber niemals schlackenartig sind. Statt dessen überspringt er diese Kluft mit den Worten: „dass es ganz unmöglich ist, für die Basalte ungeachtet ihres Wassergehaltes eine andere Entstehungsweise geltend zu machen.“

Auf S. 660 sagt er: „Die als Lava gebildeten Gesteine der Basalt- „familie unterscheiden sich, abgesehen von ihrem oft sehr schlackigen „Ansehen, von den ähnlichen Gesteinen nur dadurch, dass sie gewöhn-

„lich kein Wasser in ihren Blasenräumen, keine Zeolithe so wie über-„haupt äusserst selten Ausfüllungen enthalten." Diese Abweichungen haben natürliche Gründe. Zeolithe und Einschlüsse sind durch die Schmelzhitze, wenn sie stark genug war, verschwunden; die Basalte sind aber im Allgemeinen sehr arm an solchen. Dann spricht Naumann auf derselben Seite von den „nicht vulkanischen" Basalten Böhmens und Sachsens. Es ist schwierig zu begreifen, wie diese alles Frühere aufhebende Aeusserung in den Text kommt, ohne dass ihre Bedeutung erkannt wurde.

Bei den Trachyten macht er einen ähnlichen Schluss. Er sagt, die Trachytlaven enthielten keinen Quarz, dagegen viele Trachyte und Trachytporphyre (S. 735) enthielten Quarz als krystallinischen Bestandtheil, „was den Beweis liefert, dass ein aus den Elementen verschiedener „Silicate bestehendes feuerflüssiges Magma unter gewissen Um-„ständen während seiner Erstarrung die überschüssige Kieselerde in „der Form von Quarzkrystallen ausscheiden könne." Umgekehrt, der Quarz war vorher in den Trachyten und ist durch die Schmelzung verschwunden.

Es wäre nun doch sehr auffallend, wenn Basalt und Lava, wie Trachyt und Trachytlava ganz identisch wären, warum denn niemals in der Lava Wasser und in der Trachytlava Quarz enthalten wäre. Diese „gewissen Umstände" müssen wohl in beiden Fällen den wesentlichen Unterschied bedingen, allein dann fällt auch die ganze Ansicht hin. Der Basalt enthält von Hause aus Wasser, und verliert es durch die Schmelzung; die Trachyte führen Wasser und Quarz neben dem Feldspath, und dieser Quarz schmilzt in die Masse ein.

Uebrigens wäre es gar nicht wunderbar, wenn auch einmal ein Bergkrystall oder Quarz mit noch hohem spec. Gewichte in Lava angetroffen würde. Er wäre darum nicht daraus entstanden, sondern darin erhalten geblieben, wie Olivine und Glimmer. In der That zeigte ein kopfgrosses Stück Quarz, welches in Eifler Basaltlave eingeschmolzen und so bröcklich geworden war, dass man mit dem Ende des Spazierstockes Stücke loslösen konnte, das spec. Gewicht 2,619; es hatte also fast nichts verloren, und dennoch war seine ganze Erscheinung so, dass man die Einwirkung einer bedeutenden Hitze daran wahrnehmen konnte. Es hatte ganz dasselbe milchweise, zerrissene, bröcklige Gefüge, welches die Quarzgerölle in starker Hitze annehmen.

Dass wir überhaupt niemals geschmolzenen reinen Quarz von spec. Gew. 2,2 in Laven finden, hat zwei sehr natürliche Gründe: einmal fehlt die zur Schmelzung nöthige Hitze, wozu bekanntlich das Knallgasgebläse nur eben hinreicht; dann kann der Quarz doch auf nichts anderem ruhen, als auf basischen Oxyden, mit denen er leichter schmelzbare Verbindungen eingeht. Dies ist der „gewisse Umstand," welcher den natürlichen Quarz der Trachyte in der Trachytlava verschwinden machte. Die ältere Theorie hat also die Schwierigkeiten nicht beseitigt, sondern

einfach nicht beachtet. Prof. Naumann führt auch Magneteisen unter den Bestandtheilen der Laven an. Was daraus zu schliessen ist, haben wir an einer andern Stelle (S. 256) erörtert. Das Vorkommen der Augite in Leucit wird l. c. S. 736 in einer Anmerkung besprochen, als wenn dieser Umstand nicht von der grössten Bedeutung für die ganze Theorie wäre. Es wird zugegeben, dass der Leucit schwerer schmelzbar als der Augit, und später erst, nach der Bildung des Augits entstanden sei; aber dieser Umstand wird mit dem „oft hervorgehobenen Gesetz“ ins Gleiche gebracht, dass der Schmelzpunkt und der Erstarrungspunkt eines und desselben Körpers sehr verschiedenen Temperaturen entsprechen könne, welchen Grund Bunsen zu Gunsten der plutonistischen Theorie aufgestellt hat. Allein man verwechselt hier Schmelzpunkt und Temperatur der Bildung. Wenn sich aus Gusseisen Graphit ausscheidet, so war der Kohlenstoff nicht geschmolzen, sondern im Eisen gelöst; wenn sich aus einer heissen gesättigten Salzlösung wasserleeres Salz krystallinisch abscheidet, so war auch dieses Salz nicht geschmolzen, sondern nur gelöst. Man kann also nicht den Schmelzpunkt des Graphits und des Salzes mit dem Schmelzpunkt des Gusseisens oder der Temperatur der Salzlösung in Beziehung bringen. Wir wissen vom Wasser, dass Schmelzpunkt und Erstarrung nicht zusammenfallen, aber auch, dass sie nicht weit von einander liegen. Wenn wir nun auch für Silicate eine noch grössere Breite dieser strittigen Zone zugeben, so gilt das ebensowohl von dem Augit als dem Leucit, aber auf keinen Fall können diese Punkte so weit auseinander liegen, als der Schmelzpunkt des Augits und des Leucits.

Wenn sich nun nach Naumanns Ansicht sowohl der Leucit als der Augit in gleicher Weise aus der Lava gebildet haben, und zwar während der kurzen Epoche ihrer Erstarrung, so bleibt doch kein Grund vorhanden, warum der Augit hier den Vortritt haben sollte. Findet sich nun aber, dass der Augit in den Leucitkammern wirklich geschmolzen war, und nicht mehr krystallinisch erstarrt ist, sondern glasartig amorph, so ist auch diese Ausflucht abgeschnitten. Wie leicht man aber über die grössten natürlichen Schwierigkeiten unter dem Einflusse des Vorurtheils hinweg ging, erhellet aus folgenden Zeilen von S. 739: „Dass es Niemand in Abrede stellen kann, dass der Leucit, als das strengflüssigste „Mineral wirklich das zuletzt erstarrte sei. Die noch weit grössere „Strengflüssigkeit des Quarzes kann wohl keinen erheblichen Einwand „begründen.“

Für eine solche Behandlung der Frage gibt es keine wissenschaftlichen Gründe mehr. Das Unmögliche ist hier wie das Selbstverständliche und mit allen Erfahrungen Uebereinstimmende behandelt, und das Unbegreifliche kann keinen Einwand begründen. Ebenso verhält es sich mit der surfusion von Fournet*) und mit Scheerer's „Verflüssigung des Granitmagmas durch ein oder ein paar Procent Wasser.“

*) Comptes rendus t. 18. 1844, p. 1050 und Petzholdt's Geologie S. 313.

. Man kam durch einen Fehlschluss auf die ganze Reihe aller krystallinischen Silicate und damit auf die fast unschmelzbaren bittererdehaltigen, Gabbro, Diabas, ohne dass man sie jemals auf ihre Schmelzbarkeit geprüft hätte. In dieser Reihe begegnete man dem Talkschiefer und Chloritschiefer mit ihrem Gehalte an chemisch gebundenem Wasser. Hier war das Vorurtheil so mächtig, dass man ihnen trotz dieser Thatsache ihren wahren Ursprung nicht zuerkannte, und Naumann glaubt „der künftigen Forschung am wenigsten vorzugreifen, wenn er den Chlorit- und Talkschiefer einstweilen als kryptogene Gesteine bezeichne (S. 744).“ Der Serpentin mit 13 $\frac{0}{0}$ Wassergehalt wird für eines der räthselhaftesten Gesteine erklärt, natürlich weil er sich nicht in die Feuerbildung fügen will, denn sonst liegt nicht die geringste Schwierigkeit darin, dass eine Kieselerdelösung und eine Bittererdelösung, wenn sie sich begegnen, ein wasserhaltiges Bittererdesilicat abscheiden. Zwar wird zugegeben (S. 745), „dass der Quarz gar häufig als ein hydrogenes „Product zu betrachten sei, desto häufiger aber in den Porphyren und „Graniten als pyrogen. Jedoch würde es sehr gewagt sein, dieselbe „Entstehung für die Quarzite geltend machen zu wollen. Dessenunge- „achtet werden wir (S. 745) hier in ein Dilemma gedrängt, aus welchem „wir bei dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse keinen ganz „befriedigenden Ausweg finden.“

Das Dilemma ist wirklich vorhanden. Was oben mit der grössten Sicherheit behauptet wurde, wird hier mit Unentschlossenheit wieder aufgegeben. Jeder Irrthum ist ein Dilemma, und es ist viel schwieriger, eine wackelige Ansicht zu stützen, als zu einer richtigen hundert neue Gründe zu finden.

Natürlich konnte ich gegen Naumann keine andern Truppen ins Feld führen, als die damals schon bekannten und in seinen eigenen Schriften verwendeten. Seit dieser Zeit hat sich aber die Sache durch die Untersuchungen über die Kieselerde wesentlich geändert, und die Frage ist in Uebereinstimmung mit allen Thatsachen endgültig entschieden. Es kam hier nur darauf an, nachzuweisen, dass die bis jetzt von den bedeutendsten Autoritäten angeführten Gründe nicht stichhaltig waren.

Einreden des Plutonismus.

Der Beweis gegen die plutonistische Ansicht, welcher schon von Fuchs in München aus der regelwidrigen Anordnung der Bestandtheile des Granits entnommen wurde, wird von den Anhängern dieser Schule durch die bereits erwähnte Behauptung bekämpft, dass Ausscheidungs- oder Erstarrungstemperatur und Schmelzpunkt nicht dieselben seien. So schiede sich Graphit, selbst unschmelzbar, aus geschmolzenem Gusseisen aus; ein im Krystallwasser geschmolzenes Salz schiede wasserleeres Salz ab. Hier läge der Schmelzpunkt des Graphits und des Salzes weit über dem Schmelzpunkt des Gusseisens und der Salzlösung, und dennoch hätten sie krystallinische Form angenommen. Wir wollen dieses Argument noch einmal in Betrachtung ziehen. Es ist eine bekannte Thatsache, dass gemengte Stoffe immer einen niedrigeren Schmelzpunkt haben, als die einzelnen Bestandtheile, und zwar niedriger als jeder einzelne Bestandtheil, oder nur niedriger als ein Bestandtheil.

Bei dem Pattinson'schen Silberconcentrationsverfahren ist ein gemischtes Geschmelze von Blei und Silber vorhanden, welches leichter schmelzbar ist, als jeder der beiden Bestandtheile. Das ausgeschiedene reine Blei ist etwas schwerer schmelzbar als das silberhaltige. Liesse man das Ganze erstarren, so würde das zuerst ausgeschiedene reine Blei von dem nachher erstarrten Silberblei umschlossen werden.

Wenn man Salpeter in einem Tiegel zum Schmelzen bringt, so kann man darin gewisse Mengen schwefelsaures Kali auflösen, die nun eine durchsichtige Schmelze geben. Es ist hier der Salpeter das Lösungsmittel für das schwefelsaure Kali. Beim langsamen Erstarren scheidet sich aber nichts aus, sondern das Ganze erstarrt zu einer trüben Salzmasse. Eine Ausscheidung auf diesem Wege ist auch nicht anders zu denken, als dass der Salpeter bei einer erhöhten Temperatur mit schwefelsaurem Kali übersättigt wäre, und bei sinkender Temperatur einen Theil dieses Salzes absetzte. Ohne diese angenommene Uebersättigung und Ueberschmelzung kann sich kein schwefelsaures Kali ausscheiden, also niemals eine kleine Menge des letztgenannten Salzes aus grossen Mengen Salpeters. Schiede sich schwefelsaures Kali nach der obigen Annahme aus, so würde es beim nachherigen Erstarren der ganzen Masse vom Salpeter, dem leichtflüssigern Salze, umschlossen werden. Das ausgeschiedene schwefelsaure Salz würde wasserleer sein, und nicht verknistern, wie das aus wässriger Lösung entstandene, und sich also zu letzteren verhalten, wie der Sangerhausener Feldspath zu natürlichem wasserhaltigen. Lässt man ein im Krystallwasser schmelzendes Salz wasserleeres Salz absetzen und nachher erstarren, so umschliesst das wasserhaltige leichter schmelzbare Salz das wasserleere.

In diesen 3 Fällen ist immer der eingeschlossene, zuerst ausgeschiedene Theil, der Graphit, das Blei, das wasserleere Salz schwerer schmelzbar, als das umschliessende Gebilde: Gusseisen, Silberblei und wasserhaltiges Salz, und es können diese Fälle gar nicht auf den Granit oder Syenit angewendet werden, wo immer das umgekehrte Verhalten stattfindet. Man mag noch so viele Fälle dieser Art aufsuchen und künstlich nachahmen, so wird man immer finden, dass der sich zuerst ausscheidende Theil schwerer schmelzbar ist, als der später erstarrende.

Man denke sich Syenit, ein Gemenge von Feldspath und sehr wenig Hornblende geschmolzen, so würde der Feldspath das Lösungsmittel (oben Salpeter) und die Hornblende (oben schwefelsaures Kali) das Gelöste vorstellen. Wenn sich beim Abkühlen Hornblende ausscheiden sollte, so müsste der Feldspath damit gesättigt sein, allein ein Abscheiden könnte doch nicht eintreten, weil die Hornblende leichter schmelzbar ist, als der Feldspath. Es kömmt also gar nicht darauf an, dass die Schmelztemperatur des Auszuscheidenden höher liegt, als die augenblickliche Erstarrungstemperatur des Gemenges, sondern dass die Schmelztemperatur des Lösungsmittels niedriger liegt, als die des auszuscheidenden Stoffes. Ohne diese Bedingung ist eine Ausscheidung undenkbar. Wenn der Salpeter nicht leichter schmilzt, als das schwefelsaure Kali, so kann sich letzteres selbst bei Uebersättigung der Schmelze nicht ausscheiden. Allein auch im günstigsten Falle, dass sich ein Ueberschuss von Hornblende krystallinisch abschiede, so bliebe doch der noch geschmolzene Feldspath immer mit diesem Minerale gesättigt, und es könnte keine so vollständige Trennung, wie sie im Syenit stattfindet, eintreten. Nun ist aber in der Natur meistens der Fall gerade umgekehrt, wie in den angeführten Versuchen. Die Einschlüsse des Granits, Feldspathes, Syenits, Quarzes sind fast immer leichter schmelzbar, als das einschliessende Gestein, und es ist deshalb das in Rede stehende Argument nicht nur nicht zutreffend, sondern es geht daraus gerade das Entgegengesetzte hervor: weil der Feldspath schwerer schmelzbar als Augit, Hornblende, Turmalin etc. ist und er sie dennoch einschliesst, so können letztere nicht durch Erstarrung eines Schmelzflusses entstanden sein.

Die meisten Plutonisten haben sich über diesen Sachverhalt gar keine Sorge gemacht; viele haben ihn nicht einmal in Erwägung gezogen, sondern einfach geglaubt. Da aber dieser Einwand von sehr bedeutender Stelle herkommt, und von den übrigen Anhängern der Schule als ein willkommener Beweis angenommen wurde, und auch darin eigentlich das letzte Refugium der ganzen Lehre bestand, so erschien es gerechtfertigt, denselben an dieser Stelle eingehend zu besprechen.

Wenn nun auch die einzelnen Mineralien in den krystallinischen Silicaten und in den Laven durch Erstarrung aus dem Schmelzflusse erklärt wurden, so nahm man doch die verschiedenen Gebirgsarten als bereits getrennt an. Man wollte nicht behaupten, dass aus einer ganz gleichförmigen Masse der inneren Erde sich erst die granitischen, dann

die augitischen und phonolithischen Gesteine flüssig getrennt hätten, um nachher einzeln zum Ausbruch zu kommen. Hier hatte man nicht die Krystallisationskraft zur Hülfe, und also gar keinen Grund, warum sich drei oder dreihundert verschiedene Mischungen ausscheiden sollten, welche alle noch schmelzflüssig bis zu ihrer Eruption bleiben mussten. Man nahm also die verschiedenen Gesteinsarten als bereits getrennt an, und liess die trachytischen Gebilde und die pyroxenischen aus „zwei getrennten Heerden" ausbrechen.

Man kann sich von der Art und Weise, wie diese Gebilde sich feuerflüssig in der Erde neben einander und unvermischt so lange Zeit hätten erhalten können, keinen deutlichen Begriff machen, selbst wenn man die „idealen Erddurchschnitte" betrachtet, welche B. Cotta, Zimmermann, Sonnenburg und andere Bilderbücher mittheilen. Beide Gebilde haben einen oder mehrere gemeinschaftliche Bestandtheile, sicherlich den Feldspath, und wenn auch Feldspath mit Basalt in unsern Tiegeloperationen nicht rasch, schliesslich aber doch vollständig zusammenschmilzt, so müsste doch auch bei der langen, ja sogar ursprünglichen Schmelzflüssigkeit nach der plutonistischen Lehre hier eine vollständige Durchdringung stattgefunden haben, besonders da es an Druck und Bewegung nicht fehlte, welche hinreichend waren, die einzelnen Gebilde stellenweise aus der Erde herauszuquetschen. Diese „getrennten Heerde" sind unbegreiflich, da sie bei der allgemeinen Verbreitung der basaltischen und trachytischen Gebilde unter der ganzen Erde hergehen, und also nicht neben, sondern über einander liegen müssen, so dass die Masse des zu unterst liegenden Silicats den Heerd des darüber liegenden durchsetzen muss, ohne von seinem Inhalte etwas mitzunehmen. Wenn man nun, wie auf dem Weilberg im Siebengebirge, beinahe mit ausgespannten Armen Trachyt und Basalt an natürlicher Lagerstelle, noch fest im Gebirge sitzend, berühren kann, so muss man über die Verträglichkeit dieser Schmelzmassen erstaunen, die so nahe bei einander liegend, sich nicht wehe gethan haben. Wir reichen aber damit nicht aus, sondern kommen in die viel schlimmere Lage, auch für den Granit, Glimmerschiefer, Diabas, Dolerit, Porphyr u. A. ganz ähnliche getrennte Heerde annehmen zu müssen.

Dabei tritt uns nun noch das specifische Gewicht störend entgegen. Die Trennung dieser Heerde kann unter keiner Bedingung anders gedacht werden, als dass diese Flüssigkeiten nach ihrem specifischen Gewichte übereinander geschichtet liegen, dass also der geschmolzene Basalt mit dem spec. Gew. 2,7 bis 2,8, unter den eisenoxydulfreien feldspathigen Heerden mit dem spec. Gew. 2,2 bis 2,3 (nämlich immer das spec. Gew. der durch Schmelzung ausgedehnten Silicate) zu liegen kam, und dass er bei seinem Durchbruch an einer Stelle doch etwas von diesen verschiedenartigen Stoffen hätte mitnehmen müssen. Nun wissen wir von dem Basalte, dass seine Bildung, wegen des Gehaltes an Eisenoxydul, an die oberen Schichten der Erde gebunden ist, wo die reducirende

Wirkung pflanzlicher Stoffe wirken kann, und auch seine Lagerungsverhältnisse sind der Art, dass er als das jüngste der plutonischen Gebilde erscheint; ja man kann ihm gar kein bestimmtes Alter zuschreiben. Nach der plutonistischen Theorie müsste er aber wegen seines hohen spec. Gewichtes zu unterst liegen, ein Gesichtspunkt, der noch in keinem geologischen Werke nur erwähnt wurde, und da lässt sich nun kein Grund finden, warum er überall als ein jüngeres Gebilde erscheint. Man braucht diese Phantasieen nur scharf anzusehen, so ziehen sie sich erröthend zurück.

Der Plutonist hat, wie Macbeth, mit dem Grausen zu Nacht gespeist und lustwandelt knöcheltief durch geschmolzene Gesteine.

Kreislauf der Bittererde.

Aller Gehalt an Bittererde im Baue der Erde kann, wie beim Kalke, auf das Meer zurückgeführt werden. Die festen Salze desselben enthalten 9,159 % Chlormagnesium und 5,597 % wasserleere schwefelsaure Bittererde, also weit über die doppelte Menge des Kalkes. Dagegen findet sich auf der Erde weit weniger Bittererde in festen Gesteinen, als Kalk. In den Graniten ist ihre Menge verschwindend klein; in den feldspath-augitischen Gesteinen, so wie in den Phonolithen ist sie in kleinerer Menge als Kalk vorhanden, in den Dolomiten beträgt die kohlensaure Bittererde immer weniger, wie der kohlensaure Kalk, und reine Bittererdecarbonate, die den Kalksteinen parallel liefen, gibt es als Felsarten gar nicht. Der Grund dieses Verhältnisses liegt darin, dass in den kalkstein-bauenden Schalen der Seethiere nur kleine Mengen von 1 bis 1½ % Bittererde vorkommen, und in diesem Umstande liegt schon ein Beleg für die Abkunft der Bittererde aus dem Meere. Grosse Mengen Bittererde gelangen gleichzeitig mit der Steinsalzbildung auf das Festland. Da aber das Chlormagnesium und das Bittersalz weit löslicher sind, als der Gyps, so kehren diese beiden Salze grösstentheils durch Quellen, Bäche, Flüsse wieder in das Meer zurück, während der Gyps im Festlande zurückbleibt. Bei diesem Rückwege ins Meer gelangen die Bittererdesalze mit vielen Stoffen in Berührung, in denen sie Zersetzungen veranlassen und einen Theil ihrer Substanz zurücklassen. Die Silicate der Bittererde sind schwerer löslich, als die Silicate der Alkalien. Begegnet also ein Bittererdesalz einem Alkalisilicat, Granit, Gneiss, Trachyt, so kann in diesen eine Umwandlung in Bittererdesilicate stattfinden, während die Säure des Bittererdesalzes mit der Alkalibase als

lösliches Salz, Kochsalz, Glaubersalz, weiter geht, die auch häufig in Mineralquellen gefunden werden, wo sie allerdings auch von bloser Auslaugung und von einer Umsetzung mit Gyps abstammen können. Auf den Vorgang der Zersetzung alkalischer Silicate mit Bittererdesalzen müssen wir vorzugsweise die Bildung von Diabas, Gabbro, Serpentin, Speckstein, Topfstein, Talk, so wie auch von Basalt, Diorit, Dolerit beziehen.

Bittererdehaltige Silicate können auf 2 Wegen entstehen, entweder dass eine bittererdehaltige Flüssigkeit in ein Alkalisilicat eindringt und das Alkali freimacht, oder dass eine gemischte Kieselsäurelösung in Dolomit infiltrirt wird und dort mannigfaltige Gebilde chloritischer, augitischer Natur erzeugt.

Das Vorkommen von kohlensaurer Bittererde dürfte dagegen wesentlich mit den Kalkgebirgen selbst, die immer ursprünglich eine kleine Menge kohlonsaurer Bittererde enthalten, zusammenhängen.

Der Dolomit ist ein aus wechselnden Mengen kohlensaurer Kalk- und Bittererde bestehendes Gestein. Er ist härter als Kalk und braust im ganzen Zustande mit Salzsäure gar nicht, und im gepulverten Zustande wird er erst beim Erhitzen vollständig von Säuren aufgelöst. Der ideale Dolomit besteht aus

1 At. kohlens. Kalk	54,18
1 At. kohlens. Bittererde	45,82
	100.

Hierhin gehören die Bitterspathe vom Zillerthal, vom Jura, Orenburg, der Dolomit von Spezzia, von Scheidama von den Bergen Ollioules und Cette (Frankreich), von der Insel Capri, vom Valle di Sambuco, vom Minuri, vom Altenberge bei Aachen, der Rauchkalk von Ihlefeld und Suhl u. A.

Ein anderes Verhältniss von

3 At. kohlens. Kalk	63,95
2 At. kohlens. Bittererde	36,05
	100

findet sich als Bitterspath von Kolozoruk, von Glücksbrunn, als Dolomit von Liebenstein, u. A.

Endlich ein drittes Verhältniss von

2 At. kohlens. Kalk	70,28
1 At. kohlens. Bittererde	29,72
	100

findet sich als Bitterspath von Hall in Tyrol und Taberg in Wärmland und als amorpher Gurhofian. Es bleibt immer noch fraglich, ob hier chemische Verbindungen vorliegen, oder ob nicht vielmehr bei dem Durchgang durch alle Verbindungsverhältnisse jedesmal diejenige Zusammensetzung herausgehoben wurde, welche mit einem einfachen Atomverhältnisse am besten stimmte. In der That finden sich alle Verhält-

nisse von kohlensaurer Bittererde von einer kleinen Spur bis zum reinen Magnesit, so dass man diesen Uebergang als einen allmäligen ansehen muss.

Dass der Dolomit nur auf nassem Wege gebildet sein kann, bedarf wohl keines Beweises, da er seine Kohlensäure leichter verliert und schwerer schmelzbar ist als kohlensaurer Kalk; ob aber durch Ausziehen des kleinen Gehaltes an Bittererde aus Meereskalken, oder durch Zurücklassen der kohlensauren Bittererde ist eine andere Frage.

Wenn man Dolomit zur Entwicklung von Kohlensäure verwendet und ihn durch Schwefelsäure oder Salzsäure zersetzt, so wird erst der kohlensaure Kalk gelöst und nach diesem die kohlensaure Bittererde. Kalk ist eine entschieden stärkere Salzbasis als Bittererde, und käme also ein bitterhaltiges Kalkgebirge zur Auslaugung durch kohlensaures Wasser, so würde der Kalk zuerst sich der Kohlensäure bemächtigen. Als man noch Bittererdesalze aus Dolomit darstellte, fanden die Fabricanten jedesmal die unangenehme Nothwendigkeit, den ganzen Kalkgehalt in Gyps zu verwandeln, ehe die Bittersalzbildung begann.

Es dürften nach dieser Ansicht die Dolomitlager die Reste von Kalkgebirgen sein, welche durch kohlensaures Wasser den grössten Theil ihres Gehaltes an kohlensaurem Kalk verloren haben. Wenn man kohlensaure Bittererde und kohlensauren Kalk gemengt mit reinem oder kohlensaurem Wasser behandelt, so löst sich mehr kohlensaure Bittererde als Kalk; wenn man dagegen Dolomitpulver, Bitterspath mit kohlensaurem Wasser behandelt, so löst sich weit mehr kohlensaurer Kalk als Bittererde; die letztere wird also verhältnissmässig im Reste wachsen. Es geht daraus einfach hervor, dass die kohlensaure Bittererde an sich weit löslicher in Wasser und kohlensaurem Wasser ist, als kohlensaure Kalkerde, dass dagegen der Dolomit eine chemische Verbindung von grösserer Cohäsion ist, wie auch seine vollständige Löslichkeit erst bei erhöhter Temperatur bestätigt. Im Dolomit ist der kohlensaure Kalk die stärkere Basis und wird zuerst eine herantretende Säure in Anspruch nehmen, wie seine frühere Lösung durch Salzsäure, Schwefelsäure und Kohlensäure beweist. Demnach stehen die Erscheinungen bei der Lösung des Dolomits ganz damit überein, dass die stärkere Base zuerst weggeführt wird, und die Bildung des Dolomits würde wesentlich durch das Auslaugen bittererdiger Kalksteine erklärt werden. Hiermit stimmt auch das geringere Vorkommen des Dolomits im Vergleich zu Kalk, sein Mangel an organischen Resten, welche durch die Volumverminderung des Ganzen herbeigeführt worden, die vielen Höhlen, die im Dolomit vorkommen. Die Stalactiten im Eifeldolomit enthalten keine Spur Bittererde.

Aus kohlensaurem Kalke kann durch Einwirkung von in Kohlensäure gelöster Bittererde Dolomit und Bitterspath entstehen, durch denselben Vorgang, der eben erörtert wurde, nur in umgekehrter Ordnung. Im ersten Falle bleibt die Bittererde unberührt, so lange der stärkere Kalk vorhanden ist, im zweiten Falle bemächtigt sich der Kalk der

Kohlensäure, welche die Bittererde in Auflösung hielt. Die Pseudomorphose von Bitterspath nach Kalkspath ist mit Bestimmtheit nachgewiesen; es ist derselbe Vorgang, durch welchen Spatheisen aus Kalk und kohlensaurer Eisenoxydulslösung entsteht. Die Umwandlung geht von aussen nach innen durch eine Art von Cementation. Zuerst bildet sich eine feine, gelblich weisse, rauhe Rinde auf der Oberfläche des Kalkkrystalls, welche fest mit diesem zusammenhängt, und welche nur ein Aggregat von kleinen Bitterspathrhomboëdern ist. Der Ansatz wird dicker, es zeigen sich im Innern noch Reste des Kalkspathes, jedoch ohne mit der Rinde zusammenzuhängen, oder die Krystalle sind ganz hohl. Man ersieht daraus, dass ein Theil des Kalkes weggeführt worden ist. Diese Pseudomorphose findet hauptsächlich auf Gängen statt, und gehört keineswegs zu den Seltenheiten. Es liegt ganz nahe, dass Dolomit auch auf diesem Wege entstehen kann, und die zerspaltene und zerklüftete Beschaffenheit des Dolomits lässt sogar die Hohlräume der Pseudomorphosen wieder erkennen. Aus Allem geht hervor, dass der Dolomit nirgendwo eine ursprüngliche Bildung im Sinne des Kalksteins ist, sondern dass er aus diesem durch eine stoffliche Umwandlung entstanden ist. Hätte es jemals Schalthiere gegeben, welche ein solches Verhältniss der beiden kohlensauren Erden, wie im Dolomit, in ihren Schalen besessen hätten, so wäre auch eine ganz ähnliche Entstehung, wie die des Kalkes, denkbar. Zu einer solchen Annahme bietet uns die heutige Erde keinen Beleg. Die ältesten Thierreste haben den Kalk eben so vorwaltend wie die noch lebenden. Der fast gänzliche Mangel an Versteinerungen*) im Dolomit stimmt damit vollkommen, und ist zugleich dadurch erklärt.

Kreislauf der Phosphorsäure und der Fluorüre.

Diese beiden Stoffe begleiten sich fast immer und haben, nach Ermittlung aller Verhältnisse, einen höchst einfachen Kreislauf.

Das Meerwasser enthält kleine Mengen von Phosphorsäure und Fluor.

Die Phosphorsäure lässt sich schon in $\frac{1}{2}$ Pfund Meerwasser mit molybdänsaurem Ammoniak nachweisen. Aber auch ohne dies würde die Gegenwart von sehr vielen Pflanzen, welche, wie die Tange, ohne Wurzeln wachsen und mit ihrer ganzen Blattfläche ihre Nahrung aufnehmen, die Gegenwart der Phosphorsäure im Meerwasser beweisen;

*) Sartorius v. Waltershausen. Pogg. 94,138.

denn ohne diesen Stoff wächst keine Pflanze, und in ihren Aschen kann man ihn leicht quantitativ bestimmen.

Das Fluor ist in kleinerer Menge und sehr wahrscheinlich als Fluorcalcium im Meerwasser enthalten. Es ist von Strecker und Forchhammer darin nachgewiesen worden. Der Salzrest von 100 Pfund Meerwasser mit Ammoniak behandelt gibt einen Niederschlag von phosphorsaurem Kalk und Fluorcalcium, worin letzteres mit Leichtigkeit durch Aetzung auf Glas nachgewiesen werden kann. Der Kesselstein der Seedampfschiffe enthält ansehnliche Mengen von Fluor. Ob die Seepflanzen auch vorzugsweise Fluor in sich aufnehmen, wie Jod, Kali und Phosphorsäure, ist nicht ermittelt, aber sehr wahrscheinlich. Entschieden enthalten aber die kalkigen Schalen der Seethiere Fluorcalcium, und es bleibt dahin gestellt, ob sie es aus den Pflanzen oder unmittelbar aus dem Meerwasser aufgenommen haben. Die Foraminiferen, welche die Kalkgebirge bauen, bringen demnach Phosphorsäure und Fluorcalcium in diese Gebirge, und mit diesen auf das Festland. Durch die Zerstörung dieser Gebirge vermittelst Abwaschens und Zertrümmerns gelangen beide Stoffe in die Ackererde. Durch Auswaschen dieser Stoffe im Innern der Erde werden Gangspalten mit Flussspath und phosphorsaurem Kalke gefüllt, und hierin liegt der Grund ihrer beständigen wechselseitigen Begleitung. Aller Apatit und Phosphorit ist fluorhaltig, und Berzelius*) fand Phosphorsäure im Flussspath. Phosphorsaurer Kalk ist in Ammoniaksalzen etwas löslich, die bei der Verwesung der Leiber der Schalthiere entstehen; für Fluorcalcium nimmt Berzelius das Bicarbonat des Natrons als Lösungsmittel an. Kommen diese Lösungen zugleich mit andern Flüssigkeiten, welche Silicate absetzen können, zusammen, so gelangen die kleinen Gehalte von Phosphorsäure in Basalt, Diorit, Melaphyr, welche hieraus wieder ausgezogen als Gänge von Osteolith**) auftreten können. Die übrigen phosphorsäure- und fluorhaltigen Mineralien entstehen durch zufälliges Begegnen zersetzter und in Lösung gerathener Stoffe mit den Lösungen von phosphorsaurem Kalk und Fluorcalcium. So bildet sich Vivianit in den Röhren der Knochen, und der Kryolith unter besondern Verhältnissen. Aus der Zerstörung der Trappe entsteht nun wieder eine phosphorsäure- und kalihaltige Dammerde, welche üppigen Pflanzenwuchs erzeugt. Die Basaltkegel sind überall mit Laubholzwäldern bedeckt, wenn sie so alt sind, dass sich genügend Dammerde bilden konnte. Aus der Erde ziehen nun alle Gewässer Spuren beider Stoffe aus. Das Wasser aller Quellen enthält kleine Mengen von beiden, die man nachweisen kann, wenn man die rechten Mittel dazu anwendet. Berzelius fand Fluor im Karlsbader Sprudelsinter. Wenn man denselben pulvert und mit Essigsäure in der Wärme den kohlensauren Kalk löst, so erhält man einen Rückstand, mit welchem

*) Pogg. 1,37.

**) Bromeis in Annal. der Chem. u. Pharm. 79,1.

man Glas in der leichtesten Weise tief ätzen kann. Fast alle Mineralwasseranalysen führen einen kleinen Gehalt an Phosphorsäure auf. Eine Menge vereinzelter Beobachtungen constatirten die Gegenwart von Fluor im Blute der Thiere, in den Knochen, im Schmelz der Zähne, in Pflanzenaschen, in Brunnenwasser, im Wasser der Seine, der Somme, in den Quellen von Plombières, Montdor, Sulzbad, Contrexéville, Antogast, Rippoldsau, Geilnau, Chatenois. Alle diese Thatsachen reihen sich jetzt in den Zusammenhang der Erscheinungen, während sie früher als einzelne, zufällige, unerklärliche Fälle dastanden. Wo Phosphorsäure auftritt, können wir nach Fluor fragen.

Die Schalen der Seethiere enthalten 1 bis 2 % phosphorsauren Kalk und kleine Mengen Fluorcalcium. Entstehen daraus Kalkgebirge, so zeigen diese entweder noch einen Gehalt an beiden Stoffen, oder sie sind im Laufe der Zeit ausgezogen, und treten dann in der Nähe als Phosphorit, Apatit, Flussspath, auf. Dana fand Fluor in den Korallen, Niklès im Kalkgebirge von Dommartemont bei Nancy, im Pariser Baustein. Der aus Kalksteinen ausgezogene phosphorsaure Kalk ist häufig in sehr festen concretionirten Massen vereinigt, die innen bräunlich von Farbe, aussen mit einer weissen Rinde umgeben sind. In diesem Zustande sind sie sehr dauerhaft und finden sich nicht selten in losen Stücken auf den Aeckern, wo die entsprechenden Kalkgesteine durch Verwitterung zerstört wurden. So in den fruchtbaren Ebenen von Schwarzrussland und in der Gegend von Limburg und Diez an der Lahn. Ungeheure Kalkgebirge kommen in der Umgegend vor. Im Sommer 1864 fand der Verf. in einem als Eisenerz eingesandten Mineral bedeutende Mengen von phosphorsaurem Kalke, und indem er an Ort und Stelle Nachforschungen anstellte, veranlasste er die Auffindung eines mächtigen Phosphoritlagers. Derselbe ist dem sogenannten Sombreroguano so täuschend ähnlich, dass man verwechselte Stücke nicht mehr zurechtfinden kann. Dieser Phosphorit liegt über einem Braunsteinlager, welches selbst unmittelbar auf blauem, ächtem Meereskalke, sogenannten devonischen, liegt. Einzelne, in dicken Massen traubenförmig zusammengewachsene Stücke sind strahlig krystallinisch, mit grünlicher Farbe durchscheinend. Sie enthalten 82 % dreibasisch phosphorsauren Kalk. Die ockerfarbige Abänderung, die in der grössten Menge vorhanden ist, geht an 60 bis 72 % phosphorsauren Kalk. Dieser Phosphorit enthält sehr bedeutende Mengen Fluorcalcium, und man kann damit ätzen, wie mit Flussspath. Im Phosphorit von Logrosan in Estremadura hatte schon Daubeny den Fluorgehalt erkannt, und ich fand denselben ebenfalls im Sombrerophosphorit, sowie in jenem der Lahngegend. Es ist also die Erscheinung eine ganz allgemeine, und das Zusammenvorkommen von Phosphorsäure und Fluor ist kein Zufall, sondern die natürliche Folge ihrer gemeinschaftlichen Ansammlung in den Kalken, und diese stützt sich auf den Lebensvorgang der Schalthiere.

In dem Lahnphosphorit fand sich nun noch ein merkwürdiger Be-

standtheil, nämlich Jod. Dasselbe wurde von Hrn. Dr. Grüneberg bei der massenhaften Fabrication von Superphosphat aus gemahlenem Phosphorit an der Entwicklung violetter Dämpfe erkannt. Ich constatirte seine Gegenwart durch analytische Operationen. Wenn man Phosphoritpulver mit Eisenchlorid und etwas Salzsäure destillirt, so geht eine bräunlich gefärbte Flüssigkeit über, in welcher man durch Stärkelösung, durch Schwefelkohlenstoff oder Chloroform das Jod auf das bestimmteste erkennt, und somit ist noch ein neuer Beweis von der marinen Abstammung des Phosphorits gegeben.

Demnach haben die Kalkgesteine auch die Verrichtung, den Phosphorsäure- und Fluorgehalt des Meeres über die ganze Erde zu verbreiten. Von dieser kehren beide in Quellwasser gelöst mit den Flüssen in das Meer zurück und der Kreislauf ist geschlossen, um von neuem zu beginnen. Betrachtet man jedes einzelne fluor- oder phosphorsäurehaltige Mineral als etwas Ursprüngliches, Primitives, so ist es unbegreiflich, räthselhaft. In dem dargelegten Zusammenhang schliesst sich ein Glied an das andere, bis die Kette in sich zurückkehrt. Man findet den Zusammenhang durch Induction. Im vorliegenden Falle war der Gang folgender: der Phosphorit von Limburg musste von irgend einem andern Gestein abstammen. Er lag auf dem Kalke, und dieser war also im Verdacht, den Stoff geliefert zu haben. In diesem Falle musste der Kalkstein ursprünglich phosphorsauren Kalk enthalten haben; das stimmte, denn die Schalen aller Seethiere enthalten ihn; diese können ihn aber nur aus dem Meerwasser aufgenommen; es musste also Phosphorsäure im Meerwasser enthalten sein; das stimmte wieder, denn dieser Gehalt war analytisch nachgewiesen. Es stammte also der Phosphorit von Limburg vom Meere ab.

Nun enthält aber das Meerwasser und die Schalen der Seethiere Fluorcalcium, und wenn der Phosphorit daraus abstammen sollte, so musste er ebenfalls diesen Körper enthalten. Der Versuch bestätigte dies, und somit die ganze Reihe der Schlüsse. Wenn sich in dieser Art ein Glied an das andere willig anreihen lässt, so kann man von der Richtigkeit der Ansicht überzeugt sein, und wenn der Stoff wieder bis in seine erste Stelle verfolgt werden kann, so ist auch die Ableitung vollständig. Es ist deshalb auch unrichtig, wenn man den Glimmer, den Kryolith, den Topasfels als Grundstoff anderer Fluorverbindungen anspricht. Sie sind selbst nur einstweilige und vorübergehende Nutzniesser des Fluors, und müssen im Kreislaufe der Erde wieder verschwinden und neu entstehen. Ob der Fluorgehalt des Meeres vom Lande, oder der Flussspath des Festlandes vom Meere abstamme, ist wieder die unerlaubte Frage nach dem Anfang, die nicht beantwortet werden kann. Es genügt, dass wir für jeden Fall die Stelle des Kreislaufes angeben können, worin sich dieser Fall befindet.

Es unterliegt keiner Frage, dass das Wachsthum der Pflanzen und Thiere wesentlichen Einfluss auf die Vertheilung der Phosphate und

Fluorüre auf der Erde habe. Die Wurzeln der Bäume und aller Pflanzen nehmen kleine Mengen Phosphate aus der Tiefe des Bodens herauf, und verbreiten sie im Abfalle der Blätter, Früchte und Zweige auf der Oberfläche. Die Thiere sammeln die Phosphate in ihren Knochen in noch reinerm Zustande, und in den Leichen der Thiere sind grössere Mengen phosphorsauren Kalkes vereinigt, die durch Verwesung wieder in die Erde zurückkehren. Es findet dabei ein ewiger Ortswechsel statt.

Wenn nun die Flüsse beständig Phosphate dem Meere zuführen, so folgt daraus die Nothwendigkeit, dass ein anderer natürlicher Vorgang dieselbe wieder über die Länder zerstreue, und dieser Vorgang ist kein anderer, als die Hebung der Meeresböden mit ihren Kalkablagerungen über den Meeresspiegel. Ohne diesen Umstand würde mit der Zeit alle Phosphorsäure sich im Meere ansammeln und das Leben auf dem Lande verschwinden. Da es nun noch nicht verschwunden ist, und die Erde nicht von heute und gestern ist, so müssen solche Hebungen auf der Erde vorkommen.

Phosphorsäure und Fluor, obgleich so treue Begleiter gegen einander, haben gleichwohl keine chemische Affinität zu einander. Die ewige Begleitung ist eine blose Cohäsionserscheinung: beide Stoffe sind annähernd gleich schwerlöslich in denselben Lösungsmitteln. Im Kreislauf der Erde werden sie getrennt, und finden sich auch wieder. In den Knochen der Thiere ist die Phosphorsäure so vorwaltend, dass das Fluor als unbemerkt verschwindet. In den fossilen Knochen ist aber das Fluor nach den übereinstimmenden Resultaten aller Versuche bedeutend stärker vertreten, als in den frischen Knochen lebender Thiere. Es ist nicht anzunehmen, dass diese Knochen ursprünglich mehr davon enthalten hätten, als jetzige, sondern im Laufe der Zeit ist Fluornatrium in Lösung damit in Berührung gekommen, und es hat sich Fluor gegen Phosphorsäure ausgetauscht. Das Fluornatrium kann aber aus der Zersetzung von Fluorcalcium durch kohlensaures Natron entstehen, wie auch der Versuch nachweist. Die Analyse fossiler Knochen vom Pferd und Kameel aus den Sewallic Hills lieferte 10,65 bis 11,68 % Fluorcalcium. In einem griechischen Schädel von etwa 2000 Jahren fanden sich 5 %, in dem einer ägyptischen Mumie 6 %, und in einem solchen aus dem Royal Georg nahezu 2 %. Es scheint also der Fluorgehalt mit der Länge der Zeit zu wachsen, also ein Hinzukommen von aussen anzudeuten.

Die beständige Begleitung erscheint uns jetzt unter zwei Gesichtspunkten: beide Stoffe sind zusammengeblieben, weil sie ursprünglich zusammen vorkamen: Meerwasser, Schalthier, Kalkgebirg, Phosphorit; oder sie haben sich wieder getroffen, wie in den fossilen Knochen und wahrscheinlich in vielen Fällen, die wir nicht unterscheiden können. Berzelius*) fand Phosphorsäure im Flussspath. Man kann nicht sagen, ob dieselbe ursprünglich darin war, oder durch Austausch hinzugekommen

*) Pogg. 1,37.

ist. Alle besondern Verbindungen von Phosphorsäure mit Basen und ebenso von Fluor mit Metallen können nur durch zufälliges Begegnen dieser Stoffe, und zwar während der Trennung der beiden erstgenannten entstanden sein, wenn nicht beide zugleich darin enthalten sind.

Nach Sullivan*) ist das Fluor in Gebirgsarten eben so verbreitet als die Phosphorsäure. In Silicaten wandte er zur Entdeckung desselben eine sehr gute Methode an. Er schloss das Mineral mit Alkali auf, löste die Masse in möglichst wenig Wasser, filtrirte in einen Platintiegel, worin er die Kohlensäure vollständig mit Salzsäure austrieb und abdunsten liess. Dann wurde die Flüssigkeit mit reinem Ammoniak, welches kohlensäurefrei sein musste, bis zur schwachen Uebersättigung vermischt, in eine Flasche gegossen und mit wenigem Chlorcalcium versetzt. Nach 24 Stunden hatte sich ein Niederschlag gebildet, welcher Fluorcalcium und phosphorsauren Kalk enthielt, und in welchem das Fluor in bekannter Weise durch Aetzung auf Glas entdeckt wurde. Wenn man nach dieser Methode grössere Mengen Substanz behandeln wollte, so würde man sicher in vielen Fällen Fluor entdecken, wo man es bis jetzt noch nicht vermuthet hat, und namentlich in den labradorhaltigen Silicaten, weil diese durch ihren Kalkgehalt in näherer Beziehung zu Kalkgebirgen stehen. Ist aber einmal die Thatsache und der Kreislauf richtig erkannt, so haben diese einzelnen Vorkommnisse ein geringeres Intresse, weil sie sich in das Gesetz fügen.

Nach den Untersuchungen von Bromeis**) enthalten alle Basalte und Dolerite Spuren von Phosphorsäure; dagegen gerade der verwitterte Dolerit, in dessen Nähe er ein lagerhaftes Vorkommen von phosphorsaurem Kalk, Osteolith, fand, enthielt nicht die kleinsten durch Molybdänsaure entdeckbaren Spuren derselben. Es liegt uns also hier ein nachgewiesener Fall von Ausziehung der Phosphorsäure aus Silicaten vor.

Zu den phosphorsäurehaltigen Mineralien gehören auch die Koprolithe oder Kothsteine. Buckland***), welcher dieselben zuerst beschrieb, gab auch die richtige Deutung. Diese festen Concretionen stammen in Höhlen von knochenfressenden Thieren, Hyänen, und im Meere von Sauriern ab.

Nach der Untersuchung von Herm. Vohl†) enthält das Album graecum, oder der von Hunden, die Knochen gefressen hatten, abstammende Koth 14 % organischer und 86 % unverbrennlicher Stoffe, also eine genügende Masse, um nach Verschwinden der organischen Stoffe die Gestalt zu behalten. Der darin enthaltene dreibasisch phosphorsaure Kalk beträgt 75,4 % von der wasserleeren Substanz. Die bis jetzt untersuchten Koprolithe stimmen damit genügend. Die von der Küste von Suffolk enthalten 70,9 % phosphorsauren Kalk, jene von Lyme Regis

*) Philosoph. Mag. 25,229. Berzelius Jahresbericht, 26,322.
**) Annalen der Chem. u. Pharm. 79,5.
***) Pogg. 21,336.
†) Annalen der Chem. u. Pharm. 65,266.

60,8 %; andere von Connecticut nur 39,6 %. Die in den Höhlen vorgefundenen stammen meistens von Hyänen, dagegen die im Kalk (Lias) vorkommenden von Sauriern, die ihren Koth im Meere fallen liessen, der dann in Kalkbildungen aufgenommen wurde. Die Hyänenkoprolithe wurden von dem Wärter in einer Menagerie sogleich für Hyänenexcremente erklärt.

Die an der Küste von Suffolk vorkommenden Koprolithen stellen Geschieben ähnliche Steine von sehr ungleicher Grösse dar, was theils durch ungleiche Grösse des Thieres, theils durch grössere Abnutzung erklärt werden kann. Sie sind von ihrem eignen Detritus leicht rostgelb gefärbt, ansehnlich hart, oft glänzend abgeschliffen. Für ihre Abstammung von thierischer Ausleerung spricht ihre äussere Gestalt, die innere spiralförmig gewundene Structur, die durch das Innere unregelmässig zerstreuten Reste von Schuppen und Zähnen von Fischen, die unverdaut durchgingen, ein eigenthümlich urinöser Geruch beim Auflösen in Salzsäure und ein Schaum bildender Stoff, wodurch die Flüssigkeit bei der Zersetzung der darin enthaltenen kohlensauren Verbindungen die Gefässe ausfüllt und noch durch lange Röhren übersteigt. Die Schuppen sind die farbenspielenden von Dapedium politum und andern Fischen, die im Lias vorkommen, also gleichzeitig gelebt haben. Die Knochen sind meistens die Wirbel von Fischen und Ichthyosauren, die letztern weniger zahlreich, aber doch hinreichend, um zu zeigen, dass diese Ungeheuer die kleinern und schwächern Individuen ihrer eignen Species nicht verschonten. In einem Koprolith fand sich ein Wirbelknochen von mehr als einem Zoll Durchmesser, der einem Ichthyosaurus von etwa 4 Fuss Länge angehört haben muss.

An den Ufern des Severn findet sich eine schwache Schichte von sandigem, glimmerreichem Lias so angefüllt mit Knochen, Zähnen, Stacheln von Reptilien und Fischen, dass eine Knochenbreccie entstanden ist, welche das unterste Lager der dortigen Liasformation ausmacht. Es sind hier auf einem Meeresboden nicht nur die Excremente, sondern auch die Körper der zahlreich hier lebenden Thiere untergesunken.

Die Koprolithe von Cambridge und von Suffolk enthalten Fluor, jedoch, wie ich fand, auch gleichzeitig Kieselerde, weshalb man nur schwach damit ätzen kann. Dagegen war der überragende Rand der Glasplatte reichlich mit Kieselerde bestäubt, die sich durch die Feuchtigkeit der Luft hier absetzte.

Die Analysen geben sehr abweichende Resultate und beweisen offenbar, dass die natürlichen Stoffe noch nachher durch Infiltrationen grosse Veränderungen erlitten haben. Der kohlensaure Kalk geht in noch ziemlich reinen Koprolithen auf 8 bis 15 %, der phosphorsaure von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ des ganzen Gewichts.

Scheerer *) führt den Umstand, dass der phosphorsaure

*) Liebig's Handwörterbuch der Chemie 1. Aufl. 4, S. 306.

Kalk in den Kalksteinen grösstentheils fehle, als einen Grund gegen die Ansicht an, dass die Kalkgebirge aus den Schalen abgestorbener Thiere entstanden seien. Nach dem oben darüber gesagten dürfte es überflüssig sein die Unhaltbarkeit dieser Ansicht zu beweisen. Erstlich bewiese das Fehlen allein nichts und zweitens fehlt er nicht.

Kreislauf des Schwefels: Kiese, Blenden.

Man kann mit grosser Bestimmtheit nachweisen, dass aller Schwefelgehalt der Erde von dem Meere abstamme, in welchem er als schwefelsaurer Kalk und Bittererde in sehr grossen Mengen enthalten ist. Alle Silicatgesteine sind frei von schwefelsauren Verbindungen und Schwefelmetallen als wesentlichen Bestandtheilen. Von den Meeresbildungen enthalten blos die Steinsalzablagerungen Gyps, dagegen nicht der Kalk, Sandstein, Thonschiefer. Die zerstreuten Vorkommnisse von schwefelsauren Salzen und von Schwefelmetallen können also nur auf den Gyps der Steinsalzablagerungen, folglich auf das Meerwasser selbst bezogen werden. Eine muthmassliche Berechnung des Gypsgehaltes im Meere ist oben (S. 45) gegeben.

Ein Theil des Gypses im Meerwasser unterliegt schon im Meere einem beständigen Kreislauf, indem er von der Pflanze zu schwefelhaltigem Albumin verwendet wird, welches, von den Thieren genossen, den Schwefel durch den Lebensvorgang selbst wieder als Schwefelsäure ausscheidet, oder nach dem Tode des Thieres durch Fäulniss als Schwefelwasserstoff entwickelt, der durch Oxydation wieder in Schwefelsäure übergeht, und mit dem aus den Landflüssen herrührenden kohlensauren Kalke wieder Gyps bildet, wie an einer andern Stelle genauer auseinander gesetzt wird. Die Menge des in einem Jahre zum Kreislauf gekommenen Schwefels ist absolut aequivalent der Menge des in der gleichen Zeit in den Schalen der Thiere abgesetzten kohlensauren Kalkes und der kohlensauren Bittererde, da keine andere Kalkverbindung vorhanden, und keine andere Bittererdeverbindung zersetzbar ist. Es kommt also vergleichsweise viel weniger Schwefel vom Bittersalze als vom Gypse. Er kehrt aber nach sehr kurzer Zeit wieder ins Meerwasser als Schwefelsäure zurück und sein Kreislauf ist damit abgethan. Der ganze Vorgang ist eine innere Angelegenheit des Meeres und steht nur durch die Ablagerung der Kalkgebirge mit dem Schichtenbau der Erde in näherer Verbindung.

Aus dem Meerwasser gelangen grössere Mengen schwefelsaurer

Salze durch Steinsalzbildung ins Festland und diese sind die Quelle aller schwefelsauren und Schwefelverbindungen in der festen Erde. Bei Eintrocknung der Meeresbecken und des durch Gerinne aus dem gehobenen Lande zusammenfliessenden Salzwassers entstehen zuerst Ausscheidungen von Anhydrit; daneben, der Menge nach unbedeutend, Kieserit und Polyhalit.

Anhydrit ist wahrscheinlich die erste Form der Ausscheidung des schwefelsauren Kalkes und der wasserhaltige Gyps entsteht aus diesem unter Wasseraufnahme bei günstigen Verhältnissen. Der Gyps ist im Vergleich zu andern Gesteinen sehr löslich und hat deswegen in der Erde keine Ruhe, sondern wandert von Ort zu Ort. Dabei begegnet er solchen Stoffen, mit denen er in Wechselwirkung tritt und wodurch Zersetzungen erfolgen. Gyps und Bittersalz können ohne Entsauerstoffung der Schwefelsäure mit Alkalisilicaten (Feldspathen) Kalksilicate und Glaubersalz, bezügl. Bittersalz bilden, die als löslich kaum eine Ruhestätte finden, sondern in Quellen gehoben durch Flüsse dem Meere wieder zueilen.

Zur Zersetzung der Schwefelsäure selbst finden wir in der Erde viel Veranlassung, aber alle aus derselben Quelle, der Pflanze, abstammend. Die einzigen Stoffe, welche die schwefelsauren Salze auf nassem Wege vollständig zerstören können, sind organische, und diese stammen ausschliesslich von der Pflanze her. Ganz besonders leicht wird der Gyps von organischen Stoffen zersetzt. Mineralwasser, welche schwefelsaure Salze enthalten, werden durch die Gegenwart eines Stückes Stroh, durch den Kork selbst zersetzt und riechen nach Schwefelwasserstoff. Der schwefelsaure Kalk wird durch die organische Substanz in lösliches Schwefelcalcium umgesetzt, und aus diesem entwickelt Kohlensäure Schwefelwasserstoffgas. Dieses Gas oxydirt sich in Berührung mit Luft und Wasser zu Schwefelsäure, welche dann wieder basische Körper, kohlensauren Kalk, Silicate, angreifen und zersetzen kann. Es entsteht daraus wieder Gyps oder schwefelsaures Alkali, welche denselben Verlauf von neuem beginnen können.

Kommen schwefelsaure Salze mit organischen Stoffen und Metalloxyden oder Metallsalzen in Wechselwirkung, so nimmt die organische Substanz zugleich den Sauerstoff der Schwefelsäure und des Metalloxydes auf und es entsteht ein Schwefelmetall. Dies ist die regelmässige Entstehung der Kiese, Blenden und aller Schwefelverbindungen überhaupt. In Mineralwasser-Krügen, deren Flüssigkeit ein schwefelsaures Salz, kohlensaures Eisenoxydul und einen organischen Stoff (etwa Stroh) enthält, entsteht doppelt Schwefeleisen. Das Stroh und die innere Fläche des Korkes sind mit schwarzem oder gelbem Eisenkies überzogen. Die meisten natürlichen Schwefelmetalle verknistern vor dem Löthrohr und verrathen dadurch das bei der Bildung mit eingeschlossene Wasser. Alle Schwefelmetalle erleiden unter Zutritt von Luft und Kohlensäure wieder eine Zersetzung und gehen in Oxyde, Hyperoxyde,

Carbonate und Hydrate über. Der Schwefel geht in Schwefelsäure zurück und der Kreislauf ist vollendet.

Dieser Verlauf ist von Volger (Pogg. 74,50) vortrefflich entwickelt worden. Nach ihm geht ein Kupfer- und Eisenhaltiges Fahlerz durch folgende Stufen der Zersetzung: Fahlerz, getrennte Schwefelmetalle, Metalle, Rothkupfererz, Kupferpecherz, Hydrate der Oxyde, Carbonate; oder Kupferkies geht durch Buntkupfererz, Kupferglanz, Kupferlasur in Kupfermalachit über.

Die Bildung der Schwefelmetalle begleitet häufig das Vorkommen des Steinsalzes. Aus der gleichzeitigen nothwendigen Anwesenheit des Gypses erklärt sich dies genügend.

Schwefelwasserstoffgas bei ungenügendem Sauerstoffzutritt verliert blos seinen Wasserstoffgehalt, der in Wasser übergeht, und der Schwefel scheidet sich aus. Wenn Leuchtgas nicht gut gereinigt ist, so verstopfen sich bei unvollständig schliessenden Hähnen die Gasröhren vor den Hähnen nach dem Brenner zu. Indem hier immer schwefelhaltiges Gas mit Luft in Berührung kommt, scheidet sich Schwefel ab und verstopft schliesslich die ganze Röhre. Durch diesen Vorgang erklärt sich die grosse Anhäufung des Schwefels in Sicilien, wo reichlich Schwefelwasserstoff aus dem Boden entströmt. Gewöhnlich bringt man den Schwefel mit den vulkanischen Erscheinungen in einen näheren Zusammenhang, der aber nur zufällig ist. Schwefelsaure Salze werden bei erhöhter Temperatur reichlicher zersetzt; Ueberschwefelungsstufen können in der Glühhitze Schwefel ausgeben; Schwefelwasserstoffgas kann entzündet werden; Schwefelkies und Eisenoxyd können in der Glühhitze schweflige Säure erzeugen Alles dies sind nothwendige chemische Vorgänge bei der gegebenen Beschaffenheit der wirkenden Stoffe und der hinzutretenden Bedingung der Wärme. Allein die Bildung der Schwefelmetalle war immer vorgängig und auf nassem Wege geschehen und die Oxydation derselben kann kaum zur Wärmeentwicklung des Vulkans beitragen. In den Vulkanen werden nur die Producte der Umsetzung schwefelhaltiger Stoffe gasförmig und dann durch ihren Geruch sehr merkbar, während sie unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht als Gase auftreten. Andere schwefelsaure Salze, von Baryt, Strontian, Bleioxyd, sind durch doppelte Zersetzung mit Gyps oder schwefelsaurem Natron entstanden; wieder andere, wie die von Eisenoxydul, Kupferoxyd, sind durch Oxydation der entsprechenden Schwefelverbindung entstanden. Die Schwefelsäure kehrt in dem Wasser der Flüsse allmälig wieder in das Meer zurück, gleichgültig, ob sie unterdessen reducirt war oder nicht, und damit ist der Kreislauf des Schwefels vollendet. Dass die Landpflanzen ebenfalls Schwefelsäure zur Erzeugnng von schwefelhaltigem Albumin nothwendig haben und verwenden, bedarf keines Beweises. Die Oxydation desselben im Thierkörper ist die nächste Folge. Nur

durch zeitweilige Hebungen von Meeresboden oder Abfangung von Meeresbecken kommen schwefelsaure Salze in Menge wieder auf das Festland, um denselben Kreislauf anzutreten.

Kreislauf des Chlors, Broms, Jods.

Das Vorkommen von Chlor, oder genauer bezeichnet, von Kochsalz in einer grossen Anzahl von Gebirgsarten und in fast allen Gewässern der Erde ist eine geologisch sehr merkwürdige Thatsache. Es beweist die Bildung der meisten Gesteine unter dem Einflusse des Meeres oder unter dem Einflusse des durch Erhebung der Länder abgeschnittenen Meersalzes und in sofern das ewige Spiel der Hebung und Senkung der Länder. Fände dieser Wechsel nicht statt, und behielte das Land auf alle Zeiten hin seine jetzige Gestalt, so müsste zuletzt alles Kochsalz durch die ewigen Niederschläge reinen destillirten Wassers sich im Meere sammeln. Die meisten Prüfungen der Gesteine auf Kochsalz stammen von Struve, der bei seiner Untersuchung über die künstliche Nachbildung der Heilquellen diesen Punkt ins Auge fasste. In allen von ihm untersuchten Basalten, Klingsteinen, selbst in einem Feldspathe fand er kleine Antheile von Chlor und Schwefelsäure. Die Gegenwart von Kochsalz in krystallinischen Gesteinen zeigt sich häufig in Efflorescenzen dieses Salzes. Der Granit von Karlsbad gab mit kohlensaurem Wasser ausgezogen, Spuren von Kochsalz, ebenso der Klingstein von Bilin, und der Porphyr des Schlossberges bei Teplitz.

Eduard Schweizer*) untersuchte den Porphyr von Kreuznach und fand einen Chlorgehalt von 0,1 Proc. Er liess sich mit Wasser durch Kochen ausziehen. Der durch Wasser ausgezogene und eingedampfte Stoff enthielt Chlorkalium, Chlornatrium, Chlorcalcium und Chlormagnesium, alles Meersalze. Der Umstand, dass sich die Chlormetalle bei gewöhnlichem Luftdruck vollkommen ausziehen lassen, beweist, dass sie als solche vorhanden sind, und dass sie nicht in chemischer Verbindung sondern im löslichen Zustande enthalten sind. Der Porphyr von Kreuznach enthält nach der Analyse 0,77 % Wasser.

Die Chlormetalle sind demnach wahrscheinlich in dem Wasser des Porphyrs enthalten, und dieses ist, mit den gelösten Salzen, in jenen Wasserporen enthalten, welche sich in allen Silicaten befinden. Es ist demnach anzunehmen, dass sich die Bildung des Porphyrs selbst tief

---

*) Pogg. 51,287.

unter dem Boden des Meeres, allein in einem von Meerwasser durchdrungenen Erdreiche vollendet habe, und dass kleine Antheile dieses Wassers von den sich schliessenden Kanälen eingeschlossen worden seien. —

Eine Menge Analysen von Gesteinen sind bekannt geworden, welche einen Gehalt an Chlor nachweisen, wo man ihn lange nicht vermuthet hatte. So enthält der Lithionglimmer vom Ural 1 bis 1,3 % Chlor, Apatit von Spuren bis zu 2,71 %, Eudialyt aus Grönland 1,03 %, Sodalith von Grönland 6,75 % Salzsäure, vom Vesuv 3,76 %, Hornblende von Grönland 0,24 % Chlor, Nephelin von der Somma 0,27 %, Nosean vom Laacher See 0,65 %, Hauyn 0,58 % und vielleicht noch sehr viele andere Mineralien, wenn man das Chlor darin nachsucht. Bis jetzt war der Chlorgehalt der krystallinischen Gesteine als eine Ungehörigkeit betrachtet worden; jetzt aber, wo er eine Bedeutung in der Erklärung der Entstehung der Gesteine gewonnen hat, ist ihm seine richtige Stellung anzuweisen. Bei dem gewöhnlichen Gange der Analyse der Silicate wird ein Chlorgehalt sehr leicht übersehen. Wenn man nicht ganz chlorfreies kohlensaures Natron zum Aufschliessen anwendet, oder wenn man die aufgeschlossene Masse sogleich in Salzsäure auflöst, wie dies der gewöhnliche Gang der Untersuchung ist, wird es unmöglich, einen Gehalt an Chlor zu finden. So sind Nosean, Hauyn und Lasurstein von Klaproth, L. Gmelin und Bergemann analysirt worden; das Chlor war ihnen aber entgangen und wurde erst von Varrentrapp*) aufgefunden, als er auch einen Theil der Mineralien mit Salpetersäure aufschloss. Im Nephelin und Elaeolith war das Chlor mehreren Chemikern entgangen und ist erst von Bromeis**) aufgefunden worden.

Dass neben Chlor auch Jod und Brom in Mineralien vorkommen, ist zwar nicht unmöglich aber in den meisten Fällen unwahrscheinlich. Wo diese beiden Stoffe sich finden, liegt Grund vor anzunehmen, dass sie schon durch Steinsalzbildung concentrirt und dann erst in die neuen Formen übergegangen seien. Der Gehalt der Flüsse an Kochsalz kann nicht durch Zerstreuung von spritzendem Meerwasser, welches durch Stürme über das Land geführt worden, erklärt werden. In der Nähe des Meeres kommt wohl auf diese Weise etwas Kochsalz auf das Festland, aber nicht in grösserer Entfernung. Reines Regenwasser von einem Thonschieferdach abfliessend, habe ich in Coblenz immer chlorfrei gefunden, während an derselben Stelle Rhein und Mosel stark auf Chlorgehalt reagirten. Es muss also der Chlorgehalt der Flüsse einer beständigen Auslaugung von Kochsalz, welches durch die bekannten Vorgänge im Festlande niedergelegt wurde, zugeschrieben werden.

Brom und Jod lassen sich überall bis auf das Meer zurückführen und meistens noch bis dahin verfolgen. Der Bromgehalt der Mutter-

*) Pogg. 49,515.
**) Pogg. 48,577.

laugen und der Salzsoolen zeigt die Abstammung ohne Weiteres an. Das von mir im Russe der Steinkohlen aufgefundene Brom, wo man Jod schon früher gefunden hatte, erklärt sich in gleicher Weise, und ist eine wesentliche Stütze meiner Steinkohlentheorie. Die Verbindung dieser beiden Salzbilder mit den Radicalen der Alkalien und Erden sind meist zerfliesslich oder sehr leicht löslich, weshalb sie nicht durch Eintrocknen festgehalten werden. Die schwer löslichen Verbindungen mit Metallen müssen durch zufälliges Begegnen von Metallerzen mit den nach dem Meere zurückkehrenden Brom- und Jodverbindungen entstanden sein; sie bilden nirgend ein geologisches Vorkommen, sondern nur mineralogische Seltenheiten.

Kreislauf der Eisenoxyde.

Neben Kieselerde und Thonerde gehören noch die Oxyde des Eisens zu den Repräsentanten des Festlandes, da Kalk und Bittererde dem Meere zufallen.

Das Eisen besitzt zwei Oxydationsstufen, das Oxydul ($FeO = 36$) und das Eisenoxyd ($Fe_2O_3 = 80$). Von diesen ist das Oxydul eine sehr kräftige Basis und bildet mit allen Säuren ausgesprochene neutrale Salze, dagegen das Eisenoxyd ist eine sehr schwache Basis und geht insbesondere mit Kohlensäure keine Verbindung ein. Das Eisenoxydul ist isomorph und vertritt die starken Basen Bittererde, Kalk, Zinkoxyd, Manganoxydul, und das Eisenoxyd vertritt die schwachen Basen Thonerde, Chromoxyd, denen wir deshalb auch eine ähnliche Zusammensetzung (Me_2O_3) zuschreiben. Mit Kieselsäure kömmt das Eisen in Verbindung vor als Oxydul und Oxyd. Die Oxydulsilicate haben eine grüne, blaue, schwarze Farbe, die Oxydsilicate sind je nach der Menge des Oxydes fast farblos, gelb, roth und braun; sodann kommt es gemischt als Oxyd und Oxydul mit Kieselsäure vor, und stellt dann immer schwarze Verbindungen vor.

Das reine Eisenoxydul ist ganz unbekannt. Man ist nicht im Stande dasselbe auf chemischem Wege darzustellen und es kommt auch nicht in der Natur vor. Seine Verwandtschaft zu Sauerstoff ist so gross, dass es im letzten Augenblicke der Ausscheidung die innigsten Verbindungen des Sauerstoffs, das Wasser und die Kohlensäure zerreisst und mit einem Theile ihres Sauerstoffs sich als ein gemischtes Oxyd ($FeO + F_2O_3$) als Oxyduloxyd Fe_3O_4, Magneteisen ausscheidet. Dieselbe Verbindung von Oxyduloxyd kömmt auch in der Natur als Magneteisenstein vor, aber hier immer nur auf nassem Wege entstanden. Die

Eisenoxydulsalze, welche löslich sind, haben meistens eine grüne Farbe, sowohl in Wasser gelöst, als auch mit Wasser krystallisirt; entzieht man ihnen dieses, so werden sie weiss. Fällt man sie in sauerstofffreien Lösungen mit reinem Kali, so fällt ein weisser Niederschlag zu Boden, welcher Eisenoxydulhydrat, FeO, HO, ist, welcher aber selbst in der Flüssigkeit so rasch Sauerstoff aufnimmt, dass er bald eine grüne und dann eine dunkle Farbe annimmt; nimmt man die Fällung in kochender Lösung vor und hält die Flüssigkeit längere Zeit im Kochen, so nimmt der Niederschlag eine schwarze Farbe an; allein auch dieser Körper verbindet sich so rasch mit Sauerstoff, dass man ihn nicht durch Auswaschen rein und trocken darstellen kann. Man kennt also das weisse Eisenoxydulhydrat und das vermuthlich schwarze Eisenoxydul nur in dem Augenblick ihrer Entstehung und kann ihre Eigenschaften nicht fesseln.

Fällt man lösliche Eisenoxydulsalze kochend mit kohlensaurem Natron, so entweicht ein Theil Kohlensäure und ein weisser Niederschlag, ein Gemenge oder eine Verbindung von Eisenoxydulhydrat mit kohlensaurem Eisenoxydul fällt nieder. Kocht man ihn längere Zeit und wäscht ihn mit siedend heissem Wasser aus, so erhält man eine anfangs grünliche, nachher aber immer brauner werdende Masse, welche noch viel Kohlensäure enthält, dieselbe aber durch Oxydation des Oxyduls zu Oxyd verliert, indem das Oxyd, wie schon erwähnt, keine kohlensaure Verbindung hat. Der Zutritt des Sauerstoffs ist also hier, ganz genau wie in der Natur, die Ursache des Entweichens der Kohlensäure.

Die Eisenoxydsalze in wässriger Lösung mit Alkali gefällt, geben einen braungelben oder rothbraunen Niederschlag, welcher Eisenoxydhydrat ist. Dieser verliert sehr leicht sein chemisch gebundenes Wasser selbst unter Wasser aufbewahrt und geht in reines Eisenoxyd über, dessen tiefere Farbe von der Cohäsion abhängt.

Die genaue Kenntniss des chemischen Verhaltens eines Körpers ist die beste Hülfe zum Verständniss seines Vorkommens und seiner geologischen Bedeutung bei dem Bau der Erde, und deshalb geht sie am besten jeder andern Entwicklung voraus. So wie das Eisen und das Eisenoxydul eine grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff zeigen, ebenso hat das Eisenoxyd die Fähigkeit wieder Sauerstoff an andere Körper abzugeben, und dieselben zu oxydiren, wodurch es denn selbst wieder in den Zustand des Oxyduls übergeht. Diese das Eisenoxyd wieder entsauerstoffenden Körper sind ohne Ausnahme die Ueberreste organischer Wesen im Innern der Erde. Auch alle andere Reductionserscheinungen, die Bildung von reinen Metallen, von Oxydulen, von Schwefelverbindungen lassen sich mit absoluter Gewissheit auf diesen ersten Vorgang zurückführen, und mit diesem und in Beziehung darauf hat das Eisen und seine beiden Oxyde bei der Bildung der Erde eine Bedeutung, die wir hier noch kaum errathen können.

Die wichtigsten Vorkommnisse des Eisens in der Natur sind die folgenden:

1) Der Spatheisenstein, das kohlensaure Eisenoxydul, in Rhomboederform.
2) Das Eisenoxydhydrat, der Gelb- und Brauneisenstein ohne deutliche Krystallform.
3) Der Eisenglanz, das reine Eisenoxyd, Rotheisenstein, rhomboedrisch.
4) Das Magneteisen, Eisenoxyduloxyd, regulär krystallisirend, schwarz von Farbe und die Magnetnadel beunruhigend.
5) Als Silicat, sehr häufig in den Grünsteinen.

Es ist zu bemerken, dass nur die Oxyduloxydverbindung Fe_3O_4 auf die Magnetnadel wirkt, dagegen nicht im Geringsten das Oxyd. Man prüft dies am besten mit einer astatischen Magnetnadel, die aus zwei magnetischen Nähnadeln besteht, welche man verkehrt mit ihren Polen durch einen dünnen Strohhalm sticht, und dann an einem Coconfaden schweben lässt. Werden beide Enden auf derselben Seite von einem Eisenerze angezogen, so enthält es Magneteisen in nicht magnetischem Zustande oder ist retractorisch; wird aber nur ein Ende derselben Seite angezogen, das andere aber abgestossen, so ist das Erz selbst magnetisch, attractorisch. Es hat diese Eigenschaft durch die lange Einwirkung des Erdmagnetismus angenommen. Für die geologischen Beziehungen ist daraus noch kein Resultat hervorgegangen.

Die Bestimmung der verschiedenen Mengen Eisenoxydul und Oxyd hat für den Chemiker keine Schwierigkeit, wenn sich die Verbindungen leicht in Salzsäure lösen lassen. Bei den in Säuren unlöslichen Silicaten ist diese Bestimmung mit Schwierigkeiten verbunden, wenn man die Gesteine erst durch Schmelzen mit Alkali aufschliessen muss, wobei ein Theil Eisenoxydul auf Kosten des Wassers und selbst der Kohlensäure in Oxyd übergehen kann. In diesem Falle sind auch die analytischen Resultate zweifelhaft.

Alle natürlichen Eisenverbindungen sind in einem ewigen Kreislaufe von Oxydation und Desoxydation begriffen. Wären auf und in der Erde keine Pflanzen vorhanden, so würde nach einer gewissen Zeit alles Eisenoxydul in Oxyd übergegangen sein, und dann kein neues Oxydul mehr entstehen können. So aber, wo in allen Schichten der Erde noch Reste kohlenstoffhaltiger Pflanzenstoffe vorhanden sind, und immer neue auf der Oberfläche entstehen und dann mit Erde verschüttet werden, gehen diese beiden Vorgänge immer gleichzeitig an verschiedenen Stellen der Erdkruste vor sich. Jede Spur von Eisenoxydul ist ein untrüglicher Beweis von vorhergegangenem organischen Leben. Dieser Beweis gilt so gut von dem Ocker, der sich in einer Wiese absetzt, als von Gebirgen des Basaltes und der Melaphyre.

Die Oxydation des Eisenoxyduls geht überall bei Berührung von Luft und Feuchtigkeit vor sich. Der Spatheisenstein widersteht durch

seine grosse Härte der Oxydation weit länger, als das künstlich im fein vertheilten Zustande dargestellte kohlensaure Eisenoxydul. In trockner Luft bemerkt man gar keine Veränderung an ihm. Mit Feuchtigkeit benetzt nimmt er Sauerstoff aus der Luft an und lässt Kohlensäure entweichen. Er verwandelt sich dabei in eine gelbbraune pulverige Masse von Gelb- oder Brauneisenstein. Er verliert endlich seinen Gehalt an Wasser und geht in Rotheisenstein über, und wenn dieser Uebergang langsam geschieht, dass er krystallinische Form annehmen kann, so wird er zu schwarzkrystallisirendem Eisenglanz. Hiermit hat er die höchste Oxydationsstufe erreicht.

Die Eisenoxydulsilicate der Grünsteine werden bei der Verwitterung dieser Steine oxydirt und hinterlassen einen mit Eisenoxyd vermengten gelben Thon. Sobald das Eisen in den Zustand des Oxydes übergegangen ist, hat es seine Löslichkeit in Wasser und Kohlensäure verloren und ist von da an an den Ort gefesselt. Erst wenn es wieder durch kohlenstoffhaltige organische Stoffe zu Oxydul reducirt wird, beginnt es wieder in Kohlensäure löslich zu werden und kann dann den Platz verlassen, um an einer andern Stelle wieder zu Eisenspath anzuschiessen und denselben Verlauf von neuem zu beginnen. Das Eisenoxyd ist bei niedriger Temperatur ein eigentlicher Sauerstoffüberträger, ein wahrer Verbrenner, indem es den zu Eisenoxyd aufgenommenen Sauerstoff sogleich wieder an organische Körper überträgt. Kuhlmann*) hatte diese Eigenschaft schon an alten Schiffsplanken beobachtet, in welchen eiserne Nägel gesteckt hatten. Das Eisen war tief bis in die Masse des Holzes eingedrungen, in den oberflächlichen Schichten als Oxyd, in den tiefern als Oxydul enthalten. Die Nägel steckten lose in der Höhlung, aus welcher die Holzfaser bereits oxydirt war. Schüttelt man Eisenchlorid mit Pulver von Holzkohlen, so enthält es bald eine Menge Eisenchlorür. Die mit Eisenoxydhydrat gefällten Farbebrühen von Campechenholz, Fernambuk, Cochenille, Curcuma und andern, geben Lackfarben, die viel Eisenoxydul enthalten. Die Wurzeln von Bäumen, welche durch eisenschüssigen gelben Sand gehen, entfärben denselben rund um sich herum. Die Sandschicht wird erst bräunlich, dann rosenroth, endlich weiss. Die Wirkung einer zwei Linien dicken Wurzel erstreckt sich auf ein bis zwei Zoll Durchmesser; man sieht im Sommer ganz entfärbte Sandcylinder, andere nur theilweis entfärbt. Das in Lösung übergeführte Eisenoxydul kommt mit einer Quelle zu Tage, oxydirt sich, trocknet schalenförmig aus, und wird mit Wind und Wetter zu Bohnerz gerollt**); oder es tritt mit Wasser zu Tage und bildet bedeutende Ablagerungen von Brauneisenstein. So weiss die Natur aus dem geringen Eisenoxydgehalte eines Gebirges im Thale ein reichhaltiges Lager von reinem Eisenerz herzustellen.

---

*) Dingl. polyt. Journ. 145,31; Kopp-Liebig's Jahresbericht 1859,56.
**) Pogg. 37,205.

Eisenoxyd kann mit Pflanzenresten und Feuchtigkeit nicht auf die Dauer in Berührung bleiben; es entsteht nothwendig daraus Kohlensäure und kohlensaures Eisenoxydul. Dieses letztere ist löslich und beweglich und kann somit im Laufe der Zeit alle Pflanzenreste erreichen und durch Uebertragung von Sauerstoff in Kohlensäure verwandeln. Damit kehren die zerstreuten Reste untergegangener Vegetationen in die Atmosphäre zurück und dienen neuen zum Leben. Man erkennt daraus die hohe Bedeutung des Eisenoxydes in der Natur. Es muss alle vereinzelt liegende Trümmer des Pflanzen- und Thierlebens aufsuchen und oxydiren und dadurch in die grosse Staatscasse des Lebens, die Atmosphäre, zurückführen. Ohne Eisen würde die Menge des vergrabenen und auf die todte Hand angelegten Kohlenstoffs zuletzt den grössten Theil des Capitals der Natur ausmachen und die lebende Welt würde untergehen müssen. Das Eisen hat also mit seinen zwei Oxyden im grossen Kreislauf der Natur dieselbe Rolle, wie in dem kleinen Kreislauf des thierischen Körpers: es ist ein unermüdlicher Ueberträger von Sauerstoff, und würde auch damit zum Ziele kommen, allen Kohlenstoff zu oxydiren, wenn nicht die Sonne den Sauerstoff wieder befreite. Denselben Satz haben wir bereits in anderer Form oben gefunden, dass, wenn nicht Pflanzen vorhanden wären, alles Eisen in Oxyd übergehen würde. Das Eisen spielt demnach in dem Leben der Pflanzen und Thiere eine bedeutendere Rolle, als im Schichtengebäude der Erde, wo es zwar vielfach vertheilt ist, doch nirgendwo in grossen Massen ganze Gebirge bildend zusammen vorkommt. Im Basalt beträgt das Eisenoxydul von 12 bis 20 %. Vorkommen von reinem Eisenerze sind nur auf Gängen oder sonst wie sporadisch, niemals Gebirge bildend. Auch kennen wir keinen Vorgang in der Natur, wobei sich reine Eisengebirge, und auch fast keinen, wobei von Eisen freie Gebirge sich bilden können. Das Eisen und seine Verbindungen gehören dem Festlande an. Bis jetzt hat man noch nicht Eisenspath als Verdränger des Kalkes in thierischen Formen gefunden.

Aus der genauen Betrachtung der Eisenstufen ergab sich, dass oft aus einer einzigen die ganze Reihenfolge der Gebilde festgestellt werden konnte. Der Eisenspath setzt sich häufig ganz allein ab, noch häufiger aber an die Stelle von Kalkspath. Der Kalk als stärkere Basis setzt sich in Besitz der freien Kohlensäure der Lösung und überlässt dem Eisenoxydul den Besitz der gebundenen Kohlensäure. Während diese also bleibt, tauschen sich die Basen gegen einander aus. Eisenoxydul kommt als Eisenspath zur Ruhe, und Kalk tritt mit der freien Kohlensäure die Wanderschaft an. Durch Zutritt von Sauerstoff entweicht die Kohlensäure, Sauerstoff tritt an das Eisenoxydul und verwandelt es in Eisenoxydhydrat oder Brauneisenstein. Durch Verlust von Wasser geht dieses in amorphen rothen Hämatit, zum Theil auch in auskrystallisirtem Eisenglanz über. Selten findet man ein Eisenoxyd, welches nicht noch Spuren von Oxydul als Zeugen seiner früheren Natur

einschlösse. Die salzsaure Lösung des dichtesten Hämatits entfärbt in verdünnter Lösung immer noch einige Tropfen Chamäleonlösung, oder gibt mit Kaliumeisencyanid eine blaue Färbung. Von diesem Punkte an geht die Rückbildung vor sich durch Berührung mit kohlenstoffhaltigen Flüssigkeiten und langsam verwandelt sich der Eisenglanz in Magneteisen. Von der Ruhe und Langsamkeit, womit diese Verwandlungen vor sich gehen, können wir uns kaum einen Begriff machen, da ein unlöslicher Körper in einen andern mit vollständiger Veränderung der Krystallform übergeht.

Dagegen wird bei Aachen viel Eisenoxydroggenstein verhüttet, welcher gewiss diesen ganzen Verlauf aus kohlensaurem Kalke in Eisenspath, Brauneisenstein, Rotheisenstein durchgemacht hat, da Eisenoxyd selbst sich nicht als Roggenstein absetzen kann. Die beobachteten und beschriebenen Umwandlungsprocesse sind folgende: Eisenoxydhydrat nach Eisenspath, Bitterspath, Ankerit (gemischter Eisen-Manganspath) und Kalkspath; Eisenoxyd nach Eisenoxydhydrat, Eisenspath, Bitterspath und Kalkspath; Magneteisen nach Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat, Eisenspath und Kalkspath; dann auch wieder Rückverwandlungen aus Eisenglanz in Brauneisenstein.

Von einer ähnlichen Verwandlung von Mineralstoffen bemerkte Volger ein Beispiel in der Kirche zu Kappel (zwischen Zürich und Zug), wo auf den Wandgemälden die blaue Farbe der Kupferlasur (Kupferoxydhydrat) in die grüne des kohlensauren Kupferoxydes (Malachits), übergegangen war, und die braune des Brauneisensteins in die rothe des Rotheisensteins, ein Beleg, dass auch unter künstlichen Verhältnissen dieselben Wandlungen wie in der Natur vor sich gehen.

Nur eine Form des Eisens, das regulinische, findet sich auf dieser Erde nicht, obgleich seine Entstehung aus Magneteisen nicht undenkbar ist. Es scheint seine Erhaltung bei Allgegenwart von Sauerstoff, Wasser und Kohlensäure nicht möglich zu sein, wenigstens nicht sogleich nach seiner Entstehung. Es ist bekannt, dass in meteorischen Massen metallisches Eisen vorkommt und zwar unter Umständen, welche eine Bildung desselben auf nassem Wege nothwendig machen. Es müssen also auf andern Weltkörpern Verhältnisse vorhanden sein, welche die Ausscheidung und Erhaltung des Eisens im metallischen Zustande gestatten, von denen wir uns keinen Begriff machen können. Denn wenn wir auch dort Pflanzen- oder Kohlenstoffhaltige Stoffe als die reducirenden annehmen, so müssen wir auch Kohlensäure und Wasser zugeben, und dann wären die äussern Verhältnisse dieselben, wie hier.

Kreislauf des Mangans.

Die chemischen und geologischen Beziehungen des Mangans sind jenen des Eisens schlagend ähnlich; beide Metalle verfolgen sich und begleiten sich fast immer, was von dieser Aehnlichkeit abgeleitet werden kann; sie werden von denselben Stoffen gelöst, oxydirt und reducirt. Das Mangan hat ein Oxydul, welches dem Eisenoxydul parallel geht, aber doch geringere Verwandtschaft zum ferneren Sauerstoff hat, während es seinen eignen weit fester gebunden hält als Eisenoxydul. Man kann das Eisenoxydul durch Glühen mit Wasserstoff leicht zu Metall reduciren, das Manganoxydul aber nicht; durch Wasserstoff werden die höheren Oxyde des Mangans nur auf Oxydul, MnO, zurückgeführt, welches ein schmutzig grünes Pulver ist. Das kohlensaure Manganoxydul lässt sich durch Fällen eines Manganoxydulsalzes mit kohlensaurem Natron ausfällen, auswaschen, und ohne Oxydation trocknen, was beim Eisensalze nicht der Fall ist. Das Mangan hat nun ferner noch zwei Oxyde, das Manganoxyd, Mn_2O_3, welches dem Eisenoxyde gleichläuft, und das Hyperoxyd, MnO_2, welches beim Eisen nicht vertreten ist, und zwei Säuren, die in der Natur nicht vorkommen.

Diese beiden Oxyde, einzeln oder gemengt, mit oder ohne Wassergehalt bilden die verschiedenen Manganerze, welche vorkommen, aber alle auf dieselbe Weise entstehen. Man unterscheidet den Braunit, Mn_2O_3, dem Rotheisenstein entsprechend; den Manganit, Mn_2O_3, HO, dem Brauneisenstein entsprechend, den Pyrolusit, MnO_2, oder Weichmanganerz, der unpassend den Namen Braunstein führt, welcher offenbar früher von schlechteren braunen Erzen abgenommen wurde. Die unbedeutenden Abstufungen Wad, Psilomelen und Hausmannit sind nur mineralogisch unterschieden und bieten hier kein Intresse.

Ausserdem findet sich die kohlensaure Verbindung, der Manganspath, welcher gleichgestaltet mit dem Eisenspathe ist, und nur im Gipfelkantenwinkel des Rhomboeders eine kleine Abweichung hat. Der Eisenspath hat 107° 6′, der Manganspath 106° 51′, Kalkspath dagegen nur 105° 5′.

Der Manganspath und die manganhaltigen Bitterspathe zeigen sehr bald auf der Oberfläche eine braune Färbung von beginnender Oxydation (Braunspathe) und dies ist der Anfang bis zur Bildung des Pyrolusits. Ueberall tritt an das Manganoxydul unter Ausscheidung der Kohlensäure der Sauerstoff. Geschieht dies im Augenblicke der Festwerdung selbst, so bildet sich die Oxydationsstufe des Mangans, ohne dass vorher der Manganspath Form angenommen habe. Viele bunten Sandsteine sind mit einer papierdünnen schwarzen Schichte überzogen, welche überall ein Manganoxyd ist. Dasselbe trat in kohlensaurer Lösung an die

Oberfläche des Steines, wo es im selben Augenblicke austrocknete und sich oxydirte. Auf manganhaltigen Thonschieferstücken fand ich sehr häufig (bei Metternich) mehrere Linien dicke Schichten von Braunstein, welche durch ihre glaskopfähnliche Form den flüssigen Zustand des Tropfsteins bekundeten. Bei sehr langsamer Ausscheidung können diese uns ebenso unlöslich erscheinenden Erze, wie Magneteisen und Eisenglanz, ebenfalls krystallinische Form annehmen. Ob dabei nun das eine oder das andere Manganerz gebildet werde, verschlägt wenig, und hat am Ende das grössere Intresse für den Chlorkalkfabricanten. Die einzeln beobachteten Vertretungen können eher irre führen, wenn man sie nicht als einzelne Fälle, sondern als allgemeinen Bildungsgang anspricht. Kommen Eisenoxydul und Manganoxydul zugleich in kohlensaurer Lösung zur Oxydation, so scheidet sich das Eisenoxyd immer zuerst aus, und so finden wir eine grosse Menge gewöhnlicher Braunsteine hauptsächlich durch Eisenoxyd verunreinigt, und es leuchtet ein, dass sich Eisenoxydul in einem solchen nicht befinden könne. Als Silicat kommen Manganoxyde allerdings vor, spielen aber eine untergeordnete Rolle, schon wegen der weit kleinern Menge von Mangan, die sich in der uns zugänglichen Erdrinde befindet. Beim Verwittern der Silicate entstehen aus dem Oxydul höhere Oxyde, die mit Eisenoxyd und Thonerde gemengt auftreten. Die Rückführung der Manganoxyde zur löslichen beweglichen Verbindung geschieht wie beim Eisenoxyde, durch kohlenstoffhaltige Körper, welche zugleich den Sauerstoff aufnehmen und das neue Lösungsmittel, die Kohlensäure bilden. Damit kommt das Mangan wieder für eine Zeit lang in den Kreislauf, bis es wieder abgesetzt denselben Kreislauf von neuem beginnt. Es unterstützt also das Eisen bei seiner Arbeit, verlorene Trümmer von organischem Wesen wieder in die Atmosphäre zurückzuführen.

Die Entwicklungsgeschichte der Manganerze ist von Volger ebenfalls sehr gründlich in seinem oben angezogenen Werke, S. 372 bis 424, behandelt worden. Vergleiche auch Turner in Pogg. 14,216 und Breithaupt in Pogg. 61,187.

Kreislauf des Kohlenstoffs.

Es gibt nur eine unorganische Verbindung des Kohlenstoffs auf der Erde: die Kohlensäure; dieselbe ist im freien Zustande in Luft und Wasser; im gebundenen in der Erde enthalten. Die Menge des auf der Erde vorhandenen freien Sauerstoffs ist ungeheuer viel grösser als nothwendig wäre, um sämmtlichen in den organischen Reichen und in den

Steinkohlenlagern vorhandenen Kohlenstoff in Kohlensäure zu verwandeln, da das Gewicht des atmosphärischen Sauerstoffs dem einer Quecksilberschichte von 195 Millimeter oder 6½ par. Zoll senkrechter Höhe über die ganze Erde gleichkommt. Es ist also kein Grund vorhanden an der Möglichkeit zu zweifeln, dass aller Kohlenstoff einmal Kohlensäure gewesen sei, viel mehr nöthigt uns die Biologie der Pflanzen anzunehmen, dass aller Kohlenstoff der Pflanzen lediglich aus Kohlensäure abstamme, und es kommt auf der Erde auch kein Kohlenstoff vor, von dem man dies nicht mit grosser Bestimmtheit behaupten könne, etwa mit Ausnahme des Diamantes, bei welchem es nicht erwiesen, aber sehr wahrscheinlich ist. Die Kohlensäure in den Kalkgebirgen ist zunächst durch Respiration der Meeresthiere gebildet; ihr Kohlenstoff stammt aber von freier Kohlensäure her, die durch Pflanzen zersetzt wurde. Andere Kohlensäure entsteht einfach wieder durch Oxydation der Kohlenhydrate in der Verwesung, oder durch Mitwirkung von Eisenoxyd, schwefelsauren Salzen, wobei denn Eisenoxydul und Schwefelmetalle entstehen. Diesen wundervollen Kreislauf des Kohlenstoffs durch die Pflanzen wollen wir hier nur angedeutet haben, insofern er geologisch zur Erklärung der Kalke, der Steinkohlen etc. verwendet wird. Die Frage, ob der Kohlenstoff vor seiner Verbindung mit Sauerstoff einmal im freien Zustande vorhanden gewesen wäre und in welcher Form, ist eine nicht aufzuwerfende Frage, da die Materie keinen Anfang hat. Aller auf der Erde befindliche Kohlenstoff ist entweder noch Kohlensäure oder Kohlensäure gewesen. Die Erklärung der Diamantbildung hat geologisch keine Wichtigkeit, da dieser Edelstein niemals als wesentlicher Bestandtheil eines Gebirges erscheint; aber auch mineralogisch genommen fehlt uns fast alles um eine sichere Meinung darüber zu gewinnen. Die ungeheure Verdichtung des Kohlenstoffs im Diamant, seine Härte und hohes spec. Gewicht, seine oft vollendete Krystallform lassen uns in der bescheidensten Weise vermuthen, dass seine Bildung eine äusserst langsame und ruhige gewesen sei, wobei die Molecüle des Kohlenstoffs sich zu einem ebenso durchsichtigen als harten Körper vereinigen konnten, ganz ähnlich wie wir denselben Vorgang im Bergkrystall, im Granat gegensätzlich zur amorphen und weichen Kieselerde beobachten. Dass der Diamant sich vorzugsweise im aufgeschwemmten Land oder in Quarz vorfindet, scheint anzudeuten, dass er sich nicht mehr an der ersten Stelle seiner Bildung befindet. Denn unter den genannten Umständen ist solche absolut undenkbar. Was man vom Erkennen der Pflanzenzellen im Diamante und in seiner Asche angeführt hat, beruht sicherlich auf Täuschung, die durch eine vorher gefasste Meinung bis zur sicheren Wahrnehmung gesteigert wurde. Offenbar sind uns die Bedingungen der Diamantbildung noch unbekannt.

Braunkohle.

Die Geologen sprechen von einer Braunkohlenzeit und einer Braunkohlenformation, als wenn zu jener Zeit nichts anderes oder wenigstens nichts bedeutenderes entstanden wäre. Aber weder früher noch heute fand jemals auf der Erdoberfläche ein Vorgang statt, der uns an die Bildung der Braunkohle erinnern konnte. Denke Dir, lieber Leser, Du ständest an einem heiteren Sommertage am Ufer eines herrlichen Landsees, der von einem Bache oder Flusse durchflossen würde. Rund um mit Wald bewachsene Höhen steigen bis zur Ferne an und geleiten den Bach durch ein enges Gerinne bis zum See hin. Wenn ich Dir nun sage, dass Du inmitten der Braunkohlenformation stehest, so wirst Du fragen Wie, Wo? Ich sehe ja nichts von Braunkohlen und Braunkohlensandstein und Schwefelkies und Thon. Ganz recht, niemals hat man mehr auf der Erde von der Braunkohlenbildung sehen gekonnt. Dieser ruhig plätschernde Bach wird im Frühjahr durch Schneeschmelze zu einem reissenden Waldbach, welcher die Ufer unterwühlt und die auf den Gehängen wachsenden Bäume losspült und sie dann kopfüber bis in den See wälzt. Hier kommen sie in sehr verletztem Zustande an, je nachdem sie ferner vom See ihren Weg nehmen mussten. In den See treiben sie mit dem Bache ein, schwimmen darin, bis sie voll Wasser gesaugt mit den Wurzeln zu unterst zu Boden sinken. Hier reihen sie sich im Laufe der Zeiten aneinander oder fallen um, und werden mit sinkenden Blättern und Schlamm begraben. Das umherliegende Gebirge ist gerade Thonschiefer mit zahlreichen Quarzadern, welche beim Verwittern des Thonschiefers eine Zeitlang hervorragend bleiben, dann abbrechen, die Gehänge herunter rollen, wo sie zuletzt in das Bachgerinne gerathen. Hier werden sie manche Meilen weit gerollt, wobei sie zerbrechen und zu runden Geschieben sich abschleifen. Diese werden von der Hochfluth des Baches fortgeführt und dem See zugetrieben, wo sie in der Tiefe versinken. Der feinste Sand treibt am weitesten in den See und die gröbsten Gerölle bleiben zunächst an der Einmündung liegen. Da entsteht der Braunkohlensandstein, der aber mit den Braunkohlen nichts zu schaffen hat, denn er würde durch den Bach auch gebildet werden, wenn keine Bäume an den Ufern des Baches wüchsen, welche die Braunkohle geben könnten. Die Bäume liegen Jahrtausende unbemerkt am Boden des Sees und verrathen nicht ihre Gegenwart. Sie werden mit den im Herbste abfallenden Blättern der umliegenden Wälder, die auch durch den Bach reichlich aus grosser Ferne zugeführt werden, und von dem Schlamme der Hochwasser verschüttet und gehen einer langsamen Vermoderung entgegen. Diese langsame und allmälige Zuführung von Baumstämmen, Blättern, Gerölle,

Schlamm kann Jahrtausende dauern, bis der Boden des Sees mit einer horizontalen Ausfüllung bedeckt ist. worin viele Stämme senkrecht stecken, andere umgestürzt liegen. Die organischen Stoffe verfallen einer langsamen Vermoderung; Wasser tritt aus der Verbindung aus, dann Kohlensäure, die Farbe wird immer dunkler, allein die Structur der Holzfaser bleibt erkennbar. Die Blätter verdichten sich zu einer sich horizontal spaltenden Blätter- oder Papierkohle und können künftigen Generationen zur Darstellung von Leuchtölen dienen.

Im Laufe der Zeit ändert sich die Lagerung des Landes, der See wird gehoben, der Bach ändert sein Gerinne oder verschwindet, der See läuft ab oder trocknet ein und die Braunkohle gelangt ins Festland. Nun beginnen allmälig neue Veränderungen. Die sich beständig entwickelnde Kohlensäure entweicht durch alle Spalten des Erdreichs und Gebirges und bringt hier mannigfaltige Zersetzungen und Neubildungen hervor. Silicatgesteine wie Basalt, Melaphyr, Thonschiefer werden in plastischen Thon verwandelt, Kalk wird gelöst und als Kalkspath an andern Stellen abgesetzt, Eisenoxyd wird durch organische Stoffe reducirt, von der Kohlensäure gelöst fortgeführt, und als Spatheisenstein oder mit Thon vermengt als Sphärosiderit an andern Ort abgesetzt. Treten schwefelsaure Salze, Gyps, hinzu, so entsteht Schwefelkies, welcher innig vermischt mit Moderstoffen die Alaunerde bildet. Ein feines Gemenge von Moderstoffen, Thon und Erde bildet die Umbraerde. Man erkennt leicht, wie die begleitenden Erscheinungen der Braunkohlenformation davon abhängig sind, und in Zeit und Raum weit auseinander liegen. Die erste Ablagerung der Substanz in dem See hat nach Zeit und Ort nichts mit den nachfolgenden Erscheinungen zu schaffen. So lange die Baumstämme im Wasser liegen, wird die entwickelte Kohlensäure vom Wasser absorbirt, und dient dazu, eine reiche Pflanzenvegetation an den Ufern des Sees und unter Wasser zu bewirken. Erst nach der Trockenlegung des Sees beginnt die Vertheilung der Kohlensäure durch das Erdreich und die nachfolgenden Zersetzungen. Das Auftreten des plastischen Thons in der Nähe der Braunkohlenlager ist eine Folge der Kohlensäurebildung aus denselben; der Braunkohlensand und Sandstein ist eine Wirkung des schwellenden Baches, welcher die Baumstämme fortführte; die Bildung des Spatheisensteins ist eine Wirkung der reducirenden organischen Stoffe, welche reichlich vorhanden sind, und die Entstehung der Schwefelkiesse eine gemeinschaftliche Wirkung von Kohlensäure und organischen Stoffen auf Eisenoxyde und Gyps. Die Braunkohlenformation verschwindet demnach als geologische Periode ganz aus der Geologie und tritt als eine alltägliche Erscheinung ein, die sich aber irgendwo sichtbar auf der Erde zeigt, sondern nur durch das Auge des Forschers errathen werden muss. Es ist wahrscheinlich, dass die Braunkohle bei ihrer grossen Oxydirbarkeit, sich mit der Zeit gänzlich in Kohlensäure auflöst und dann zuletzt verschwindet, und dies ist auch der Grund, warum man die Braunkohle

dem Tertiärgebirge, d. h. den jüngeren Bildungen zuschreibt, weil sie aus älteren Zeiträumen nicht mehr existiren kann. Die Braunkohle ist keine vollendete Bildung, sondern in ewiger Umwandlung begriffen. Varrentrapp*) hat hierüber intressante Versuche angestellt. Braunkohle bildete bei gewöhnlicher Temperatur, wie sie aus der Grube entnommen war, sogleich Kohlensäure. Bei etwas steigender Temperatur von 35° bis 40° C. bildete eine Menge von 1 Pfund in erbsengrosse Stücke zerbrochen binnen eines Monats 6 Gramme kohlensauren Baryt, und in ferneren 44 Tagen waren wieder 6 Grm. davon gebildet. Bei einer Temperatur von 80 bis 85° C. und bei einer täglich hindurch geleiteten Menge von 1½ Kubikfuss kohlensäurefreier Luft wurden in 9 Tagen 7,9 Grm. kohlensaurer Baryt gebildet; dann bei stärkerer Erhitzung auf etwa 125°C. im Oelbade hatten sich in der kurzen Zeit von 8 Stunden 21,3 Grm. kohlensaurer Baryt gebildet. Demnach geht die Oxydation der Braunkohle ununterbrochen fort, und manche Kohlensäure, die aus der Erde tritt, dürfte der langsamen Verbrennung der Braunkohle zuzuschreiben sein. Dabei ist aber nicht einmal freier Sauerstoff absolut nothwendig, denn Eisenoxyd, welches durch Oxydation von Spatheisenstein entstanden ist, trägt ⅓ seines Sauerstoffs auf die organische Substanz über und bildet eine stickstofffreie Kohlensäure. So ist auch hier das Eisenoxyd der nie rastende Ueberträger des Sauerstoffs an brennbare Stoffe.

Das specifische Gewicht der Braunkohle wechselt zwischen 1,2 und 1,5; bei starker Belastung mit Mineralstoffen steigt es bis zu 1,8. Die grubenfrischen Braunkohlen enthalten viel Wasser, bis 40 und 50 %, erdiges Braunkohlen klein selbst bis 60 %. An der Luft vermindert sich der Wassergehalt bis zu 30 %, in Sommertemperatur auf 20 %; trocknet man sie künstlich aus, so nehmen sie an der Luft wieder bis zu 14 und 16 % an. Beim Trocknen in der Wärme zerklüftet sich die Braunkohle leicht und zerbricht in der Richtung der Sprünge. Die verbrennliche Substanz der Braunkohle enthält Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und sehr wenig Stickstoff, dann oft 3 bis 4 % Schwefel, der von infiltrirten zersetzten schwefelsauren Salzen abstammt. Braunkohle ist als solche niemals schmelzbar, selbst wenn ihre Vermoderung noch viel weniger fortgeschritten ist, als die der Steinkohle. Zündet man ein Stückchen an der Löthrohrflamme an, so glimmt es aus der Flamme gezogen eine Zeit lang fort. An Aetzkali gibt die Braunkohle eine braune humusartige Lösung. Ganz besonders merkwürdig ist das Verhalten der Braunkohle in der trocknen Destillation, welches von Kremers**) genauer festgestellt wurde. Es ist bereits oben (S. 97) unter Steinkohlen besprochen worden.

---

*) Dingler's polyt. Journ. 175,156.

**) Pogg. 84,74.

Der Sauerstoffgehalt der Braunkohle liegt meistens zwischen 20 und 26 %, bei der Steinkohle höchstens halb so hoch und meistens noch niedriger. Dieser hohe Sauerstoffgehalt ist auch eine der Ursachen der Unschmelzbarkeit der Braunkohle, und wenn sich darin einzelne schmelzbare Producte finden, so sind dieselben nicht die natürlichen Holzstämme, sondern schon durch Vermoderung oder örtliche Erhitzung ausgeschiedene Destillationsproducte, die auch aus reiner Holzfaser als Theer und Erdharz schmelzbar erhalten werden können. Eine grosse Anzahl von Analysen von Braunkohlen mit Berücksichtigung aller technischen Beziehungen sind von Casselmann (Ann. der Pharm. u. Chem. 89, S. 41, 181 u. 372) von Kühnert über die bei Cassel vorkommenden Braunkohlen (Ann. der Pharm. u. Chem. 37, 94) mitgetheilt worden. Vergl. auch Kenngott Uebersicht 1850 u. 1851. S. 153 und folgende, Handwörterbuch der Chem. 2. Aufl. II, 2, 354 und Kremers' oben angeführte Abhandlung.

Die eigentliche Zeit der Braunkohlenbildung ist die der Erhebung eines Meeresbodens über die Oberfläche des Meeres. Die höheren Theile des Landes sind bereits über das Meer gehoben und mit Wäldern bedeckt und die tieferen sind mit Landseen gefüllt, die mit dem Meere entweder noch in Verbindung stehen, oder einen Ausfluss in dasselbe haben. In diese Landseen werden die von Bächen und Flüssen abgerissenen Baumstämme geschwemmt und versenkt und manche mögen dabei auch ihren Weg in das Meer finden. Mit der Erhebung des ganzen Landes fliessen diese Seen ab und die Braunkohlenablagerung hat ein Ende. Diesen Vorgang beobachtet man sehr schön im Siebengebirge und in der ganzen Umgegend von Bonn, ebenfalls bei Immendorf hinter Ehrenbreitstein. Der jetzige Rheinspiegel bei Bonn liegt ungefähr 150 Fuss über dem Spiegel der Nordsee. Zur Zeit der Braunkohlenbildung war der Rhein noch nicht vorhanden; das Meer reichte bis zwischen Ausläufer der beiden Rheinufer, welche von einer früheren Auswaschung herstammen. Mit der Hebung des ganzen Landes, wodurch zugleich die unterhalb Bonn gelegenen Theile aus dem Meere herauskamen, kamen die Braunkohlenreste über die Oberfläche des Wassers, und zeigen sich jetzt auf ansehnlichen Höhen, bei Friesdorf, am Kreuzberg, bei Pützchen.

Die Braunkohlen bilden oft regelmässige und weit fortgesetzte Lager, theils auch Lagerstöcke, welche eine bedeutende Mächtigkeit erlangen. In der Gegend von Halle erscheinen sie bisweilen, über 7 Lachter mächtig; bei Bilin und Falkenauge bis zu 10 Lachter; ebenso der Braunkohlenstock von Salzhausen. Das Brühler Braunkohlenlager zeigt 9 bis 13 Lachter Mächtigkeit. Alle diese Dimensionen sind jedoch unbedeutend gegen die Maasse der grossen Steinkohlenablagerungen, besonders in der Breitenausdehnung.

Torf.

Die erste Bedingung für die Bildung des Torfes ist ein Boden, welcher durch eine für das Wasser undurchdringliche Grundlage stagnirendes seichtes Wasser enthält. Die ersten Gewächse, welche sich hier ansammeln, sind Kryptogamen, Conferven, Ulven, Wasseralgen. Diese bilden einen grünen Schlamm auf dem Wasser, dauern eine kurze Zeit, höchstens ein Jahr, vermehren sich aber stark durch Sprossen, sinken nach dem Absterben zu Boden und bilden die erste Moderlage. Mit ihnen zugleich, oder etwas später, erscheinen grössere Wasserpflanzen, wie Potamogeten, Alismen, Hottonia, Callitriche, Sparganium, Myriophyllum u. a., durch welche jedoch noch kein Torf gebildet wird, indem die ins Wasser versinkenden Theile sich auflösen, so dass aller Zusammenhang aufhört und nur ein Moder entsteht, der eher entfernte Aehnlichkeit mit Steinkohle hat. Auf dieser Modergrundlage erscheinen andere Pflanzen, welche bei allmäligem Absterben torfartige Bildungen zurück lassen. Dahin gehören vor allen die Laubmoosgattungen Sphagnum und Hypnum. Diese enthalten einen festen Bau von Holzfaser, welche nicht mehr, wie die obigen Krautpflanzen, sich zu Schlamm auflöst, sondern welche ein elastisches zähes Gewebe von Pflanzenstengeln und Wurzeln zurücklassen, worin der eigentliche Character des Torfes beruht. Lebend bilden sie eine schwimmende Decke auf dem Wasser, wenn dies nur einige Tiefe hat, und bald siedeln sich darauf Phanerogame an, Drosera, Andromeda polifolia, Ledum palustre, Vaccinium uliginosum und Oxycoccos, Empetrum nigrum und mehrere kleine Grasarten, Scirpi und Carices. Die so gebildeten Rasen setzen sich bald am Boden fest und bilden in dem übrigen schlammigen Grunde einzelne hervorragende Inseln, auf denen noch andere Phanerogamen, Erica, Calluna sich ansiedeln, später sogar Sträucher und Bäume, wie mehrere Birken und Weidenarten, und in den Hochmooren in der Nähe der Alpen die sehr häufige Sumpfföhre, Pinus Pumilio. Allein alle diese baumartigen Gewächse gehören eigentlich nicht zum Torf, sind nur vereinzelt darin und bleiben auch für alle Zeiten kenntlich, ja die Wurzeln der Pinus Pumilio machen für den Torfstecher ein grosses Hinderniss aus, und er ist genöthigt, sie erst mühsam zu entfernen, ehe er den regelmässigen Torfstich vornehmen kann. Es ist also hier ganz dasselbe Verhältniss, wie bei den Steinkohlen, wo die Holzstämme ebenfalls als zufällig und hinzukömmlich, aber nicht als wesentlich anzusehen sind. Es ändert sich die Beschaffenheit des Torfes je nach der Natur der erzeugenden Pflanzen und man unterscheidet in diesem Sinne Moostorf, Haidetorf, Schilf- oder Rohrtorf, Papiertorf, Holztorf. Unter Moostorf versteht man den aus verschiedenen Arten Sphagnum gebildeten Torf,

in wenig zersetztem Zustande; er ist leicht und hat eine hellbraune Farbe.

Der Haidetorf entsteht aus Ericas, Vaccinium und Myricaarten; der Schilftorf aus Arundoarten, Binsen, Gräsern und andern Wasserpflanzen. Papiertorf nennt man eine selten vorkommende aus dünnen Bastlamellen bestehende Sorte, die gewöhnlich leicht und hellbraun ist. Er scheint auch von schilfartigen Pflanzen abzustammen. Holz- oder Waldtorf ist der aus Ueberresten, Blättern und Nadeln verschiedener Bäume entstandene Torf, der aber eigentlich schon mehr in Braunkohle spielt, wenn die Stämme überwiegen. Meertorf besteht grösstentheils aus Seegras (Zostera marina), Glaux, Salicornia, Gräser und Binsen und wenn Tange reichlicher werden, streift er an die Steinkohle. Die Bildung aller dieser Torfarten geschieht auf dieselbe Weise, durch Wachsen im Wasser oder über Wasser, Versinken darin und Vermodern, ohne Verwesung.

Nach der Art der Consistenz und der technischen Gewinnung unterscheidet man

1) Pechtorf. Eine schwarzbraune oder schwarze erdige Masse, die sehr wenige oder gar keine kenntliche Pflanzentheile mehr enthält, dicht, ziemlich schwer und spröde ist, und an der Luft zerfallend. Man findet ihn in Lagern, welche oft mit andern Gebirgsarten überschüttet sind. Er wird dann bergmännisch gegraben und Bergtorf genannt. Er ist ziemlich selten, brennt sehr gut, hält ungemein lange im Feuer an, gibt sehr vielen übelriechenden Rauch. Offenbar ist dieser Torf von sehr alter Bildung, und verdankt seinen Ursprung weichen, krautartigen Pflanzen, ohne bedeutendes Holzfasergerüst.

2) Sumpf- oder Baggertorf ist ein aus Torfsubstanz gebildeter Schlamm, hat eine dunkle, oft pechschwarze Farbe, zeigt auch dem unbewaffneten Auge viele faserige Pflanzentheile. Er ist frisch ohne allen Zusammenhang und wird in holländischen Mooren mit Beuteln und Fischgarnen geschöpft, geformt und getrocknet. Dann wird er ziemlich homogen, fest und schwer und brennt gut.

3) Rasentorf, oder faseriger Torf bildet die Hauptmasse der Wiesen- und Hochmoortorfe. Er hat ein filzartiges Gewebe von Pflanzenfasern, zwischen denen eine formlose Torfsubstanz eingeschlossen ist. Er ist das eigentliche Material zum Torfstechen, da er seine Consistenz ohne zu brechen beim Stechen und Austrocknen bewahrt. Alle diese Torfarten gehen durch unzählige Varietäten in einander über und in tieferen Mooren kann man nicht selten das Fortschreiten der Torfbildung von dem leichtesten noch frischen Pflanzengewebe bis zum Verschwinden aller pflanzlichen Gestalt beobachten. Das Wachsen des Torfes kann ohne Zufuhr neuer Mineralbestandtheile unendlich lange Zeiträume an derselben Stelle fortdauern, weil dieselben Stoffe immer wieder bei der Vermoderung in Lösung übergehen. Da die Torfasche keinen Werth zum Waschen und zum Düngen hat, so ist klar, dass ihr das Kali und

die Phosphorsäure fehlen, und in der That hat die Analyse der Torfaschen auch nachgewiesen, dass Kali gar nicht, und Phosphorsäure äusserst selten in bemerkbarer Menge darin vorhanden ist. Nun enthalten aber die Pflanzen wohl diese Bestandtheile, und es ist einleuchtend, dass die absterbenden Reste diese Stoffe wieder an das Wasser zurückgeben, aus welchem die noch lebende Pflanze sie wieder aufnimmt. So kann also ein sehr hohes Torflager mit einem kleinen eisernen Bestand an Mineralstoffen aufgebaut werden, wenn diese immer wieder in den Kreislauf zurückkehren. Wäre dagegen die Torfasche nutzbar zum Waschen, zum Düngen, so ist nichts sicherer, als dass die Torfbildung mit der einmaligen Verwendung der vorhandenen Bodenbestandtheile aufhören müsste, und dass an derselben Stelle keine neue Menge Kohlenstoff aus der atmosphärischen Kohlensäure niedergelegt werden könnte. Zwar entwickelt die Pflanzensubstanz bei der Vermoderung eine ansehnliche Menge Kohlensäure, die ebenfalls von der lebenden Pflanze benutzt wird, allein der hieraus entstehende Kohlenstoff war schon im Torfmoor vorhanden und der Zuwachs des Torfs an Kohlenstoff kann nur von der Atmosphäre herkommen.

Betrachtet man die Entstehung des Torfmoores aus reinem Wasser mit einigen Mineralstoffen, worin die ersten Pflanzen aus Samen an den Ufern aufkeimten, so ist klar, dass der ganze Kohlenstoffgehalt des Torflagers ausschliesslich aus der Atmosphäre genommen ist.

Die Aschen der Torfe verrathen ebenfalls die Art der Entstehung. Kieselerde findet sich oft als reiner Sand mechanisch beigemengt und dies konnte nur in der Nähe des Landes geschehen, wo Quarzgerölle in Waldbächen zertrümmert fortgeschwemmt wurden. Kalk ist theils als kohlensaurer Kalk, theils als schwefelsaurer darin enthalten. Kohlensaurer Kalk in freier Kohlensäure gelöst und in das grüne Torfmoor vom Lande eingeflossen, musste niedergeschlagen werden, sobald die freie Kohlensäure von der Pflanze verwendet wurde.

Die Torfbildung ist an günstige Oertlichkeiten gebunden und auf das Festland beschränkt. Ihrer Ausdehnung nach steht sie unendlich hinter der Steinkohlenbildung. Ein Torfmoor von 20 bis 40 Quadratmeilen ist schon ein sehr grosses, während die Steinkohlenbildung nach hunderttausenden von Quadratmeilen beobachtet werden kann.

Unter dem Capitel Steinkohle ist nachgewiesen worden, dass Torf niemals dazu werden könne.

Molecularerscheinungen bei der Felsbildung.

Man versteht unter Molecularerscheinungen eine Summe von Thatsachen, die sich auf das Wirken der kleinsten Theilchen der Körper zu einander beziehen. Der Begriff des Wortes Molecül oder kleine Masse ist im höchsten Grade unbestimmt. Sobald uns das Mikroscop verlässt, können wir nichts mehr wahrnehmen, und mit diesem selbst haben wir auch nichts entdeckt. Ueber Gestalt, Grösse, Härte dieser Molecüle wissen wir nichts, und sind an der Gränze, wo uns Haller zuruft: ins Innre der Natur dringt kein erschaffener Geist. Und dennoch ist das Bestreben so mächtig, durch Combination, Beobachtung und Versuch der Natur irgend einen Aufschluss abzugewinnen.

Zu den Molecularerscheinungen rechnen wir das Entstehen von Cohäsion, wenn sich feste Körper innig berühren. Das Kitten, Leimen, Löthen, Mauern sind solche Erscheinungen, wo Cohäsion durch innige Berührung eintritt, und wo dann der schmiegsame, sich anschliessende Körper entweder durch Austrocknen (beim Leimen, Pappen) oder durch Erstarren bei Erkaltung (Kitten, Löthen) oder durch Aufnahme eines fremden Körpers (Mörtel durch Kohlensäure, Gyps, Cement durch Wasser) die Cohäsion annehmen. Das Aneinanderhaften eben geschliffener Spiegelscheiben, das Vereinigen zweier Bleiplatten durch blosen Druck zeigt uns, dass jene Erklärung des Kittens, Leimens richtig ist, und dass es auch ohne Verflüssigung möglich ist, Cohäsion in gewöhnlichem Sinne zu erzeugen. Wir bemerken, dass Cohäsion in zweierlei Weise entsteht zwischen gleichartigen Dingen, einmal durch Vereinigung bei inniger Berührung, wie bei den Spiegelscheiben, dann dass die cohärenten Stoffe sich aus einer Flüssigkeit mit bestimmten ihnen eigenthümlichen Formen ausscheiden, Krystallisation.

Wenn wir nun auch den eigentlichen Grund nicht wissen, wodurch Cohäsion entsteht, so wissen wir doch mit Bestimmtkeit, dass sie existirt, und zwar als eine Kraft, welche jedem äussern Versuch eine Trennung zu bewirken, einen gewissen Widerstand entgegensetzt, den wir Härte, Sprödigkeit, Zähigkeit nennen. So unterscheiden wir denn auch verschiedene Arten der Cohäsion: Härte, Elasticität, Sprödigkeit, Zähigkeit, als besondere Formen der Rückwirkung, welche uns die einzelnen Körper gegen äussere Eingriffe zeigen. Unter Härte verstehen wir die Grösse des Widerstandes gegen eine äussere Gewalt, welche einzelne Theile wegzureissen versucht; elastisch nennen wir einen festen Körper, der von äusserer Gewalt eine Veränderung seiner Form erleidet, nach Aufhören der Gewalt genau wieder seine frühere Gestalt annimmt; spröd nennen wir Körper, wo eine äussere Gewalt noch weiter wirkt als der Angriffspunkt der Gewalt; zäh, wenn ein Körper einer äussern

Gewalt nachgibt ohne seinen Zusammenhang zu verlieren, oder wenn er nur in einer Richtung eine grosse Cohäsion, in andern nicht hat. Alle diese Erscheinungen treten in sehr mannigfachen Combinationen auf. Im Allgemeinen ist spröd der Gegensatz von zäh, wie hart von weich. Glas ist härter als Holz; mit einer Glasscheibe kann man Holz abschaben; dagegen kann man mit Holz eine Glasscheibe zertrümmern, ohne dass das Holz Stoff verliert.

Gehärteter Stahl ist hart und spröde; durch Anlassen verliert er beide Eigenschaften in einem gewissen Maasse; durch langsames Ausglühen verliert er die Sprödigkeit ganz. Die Kunst beim Stahl besteht darin, ihm bei möglichst grosser Härte auch die grösste Zähigkeit zu geben. Diamant ritzt Stahl, aber im Stahlmörser wird der Diamant zu Pulver zerstossen.

Osmium-Iridium ist zugleich der specifisch schwerste (23), härteste und zäheste Körper, den wir kennen. Die Körner können in einen gehärteten Stahlambos hinein geschlagen werden, ohne dass sie zertrümmert werden, was bei Diamant nicht der Fall ist, welcher zwar sehr hart, aber nicht zugleich zäh ist. Die meisten Körper gehen beim Schmelzen aus dem festen Zustande unmittelbar in den flüssigen über (Wasser, Silber, Blei etc.), andere durchlaufen dabei alle Grade der Zähigkeit (Wachs, Platin, Stabeisen, Kieselerde, aber nicht Gusseisen und nur theilweise Stahl). Ueber den Vorgang beim Schmelzen und den Unterschied einer festen und flüssigen Substanz wissen wir gar nichts, und was man gewöhnlich als Erklärung nimmt, ist nichts als eine Wiederholung der Thatsache. Dass die Beweglichkeit der kleinsten Theile beim Schmelzen zunimmt, ist eine Beobachtung. Allein eine grosse Menge von Thatsachen spricht dafür, dass eine gewisse Beweglichkeit der Theilchen selbst bei festen Körpern statt findet, ohne dass sie durch Wärme in den flüssigen Zustand übergegangen sind. Das Krystallinischwerden der eisernen Achsen, das Trübwerden von Schwefel, der durch Erstarren krystallisirt ist, das Trübwerden des Arsenikglases, das Sprödewerden von Antimon- und Wismuthdraht u. a. gehört dahin. Bei den stabeisernen Eisenbahnachsen erklärt sich die Erscheinung durch die Vibrationen, welche theils durch das Fahren selbst, besonders aber durch die Uebergänge des Wagens von einer Schiene auf eine andere erleiden, wobei wegen des unvermeidlichen Zwischenraumes immer ein kleiner Stoss statt findet. Die dadurch hervorgebrachte Schwingung besteht in einer Bewegung der einzelnen Molecüle ausserhalb der Gleichgewichtslage, ohne dass sie darum bis zum Aufheben der Cohäsion geht. Beim Zurückkehren jedes Molecüls in die Gleichgewichtslage nimmt es jedesmal eine etwas verschiedene Lage an, die seinem Bestreben nach Krystallform entspricht. Indem dies unzählige mal wiederholt wird, entsteht die blätterige Structur des Eisens. Bei dem viel härteren Stahl findet dies nicht statt, sondern die Molecüle legen sich in ihre alte Lage. Dies wäre gleichsam der Uebergang zu den eigent-

lichen Krystallisationserscheinungen. Die Eigenschaft Krystallform anzunehmen, wohnt gewissen Körpern inne und kann nur durch Beobachtung festgestellt werden. Jede Art von Beweglichkeit der Theile, durch Schmelzung, Vergasung, Lösung ist geeignet Krystallisation hervorzurufen. Der gewöhnlichste Fall ist die Lösung in Flüssigkeiten, auf der Erde immer nur in Wasser, zuweilen unterstützt durch die Gegenwart anderer Stoffe, wie Kohlensäure, kohlensaures Natron, Kochsalz u. a.

Von dem Act der Krystallisation haben wir gar keine Begriffe, selbst die Thatsachen sind ungemein schwer unter einen Hut zu bringen. Die einzige über diesen Punkt geäusserte Ansicht ist jene von Haüy, welcher annimmt, dass die kleinsten Theilchen eines Körpers eine bestimmte Gestalt hätten. Wenn man beobachtet, dass Kochsalz, Bleiglanz u. a. als Würfel krystallisiren, und diese Würfel sich durch Spalten in immer kleinere Würfel zertheilen lassen, so kommt man zuletzt zu dem Schlusse, dass das kleinste Theilchen Kochsalz oder Bleiglanz selbst wieder ein Würfel sei, aus deren regelmässiger Aneinanderlagerung grössere Würfel entstehen. Also würden 8, 27, 64 kleine Würfel grössere geben können von 2, 3, 4 Einheiten Seite. Das Entstehen anderer Krystallformen aus kleinen Würfeln erklärt er durch regelmässiges Absetzen jeder aufgelagerten Platte um 1, 2 oder mehr Molecüle. Setzt man auf die 6 Seiten des Würfels jedesmal eine Platte auf, wo jede folgende um 1 Molecül kleiner sei, als die unterliegende, so entsteht auf jeder Würfelfläche eine Pyramide mit 4 Dreiecken, also im Ganzen 24 Dreiecke, von denen je zwei immer in einer Ebene liegen und einen Rhombus ausmachen, und es entsteht so das Rhombendodecaeder (Granatoeder), welches auch nur aus Würfeln aufgebaut wäre. In diesem Falle müsste man vermuthen können, dass von einem solchen Rhombendodecaeder die 6 vierseitigen Pyramiden wieder losgetrennt werden könnten, und dass sich dadurch der ursprüngliche Würfel wieder herausschälen liesse. Das ist aber nicht der Fall, sondern diese Krystalle können meistens nur parallel mit ihren äusseren Flächen gespalten werden. Aus den kleinen Würfeln könnten unmöglich andere Spaltungsflächen entstehen, als die 3, sich wie 3 rechtwinklige Coordinatenachsen, kreuzenden Schnittflächen. Eine Spaltungsfläche parallel den Flächen der Rhomboeder konnte nur aus lauter Würfelkanten zusammengesetzt sein und musste immer grössere Cohäsion haben. Lassen sich aber die Rhombendodecaeder parallel ihren Flächen spalten, so kann der Würfel nicht die Grundform sein, sondern man findet, dass sie ein Tetraeder sein müsste. 6 Tetraeder zusammengelegt bilden auf der Fläche ein regelmässiges Sechseck, wie das Rhombendodecaeder in 4 Querschnitten ist. Man kann sich nun sämmtliche Krystallformen des regulären Systems durch Aufsetzen von kleinen Würfeln und einer Abnahme nach einem gewissen System versinnlichen, aber nicht erklären. Die grosse Anzahl von Tetrakishexaedern entstehen dadurch, dass die Anzahl der Würfel, um welche jede Platte aufsetzt, um eine bestimmte

Zahl Würfel zurücktritt, während sie nur um einen Würfel steigt, und dies geht bis zu 48 Einheiten zurück und 1 Einheit aufwärts, woraus ein Tetrakishexaeder entsteht, welches fast wie ein Würfel mit etwas in der Mitte erhobenen Seitenflächen aussieht.

In gleicher Art lässt sich ein Kalkspathrhomboeder in ähnliche kleinere Rhomboeder spalten, und man würde das Rhomboeder für die Kernform des Kalkspathes halten dürfen. Wächst ein solches Rhomboeder nach oben und unten mit gleich grossen Schichten, als die oberen und unteren 3 Rhomboeder des Kalkspathes sind, so würde daraus eine sechsseitige Säule entstehen, die oben und unten noch die 3 Rhomboederflächen hatte. Setzen aber die Schichten um 2 Einheiten zurück und nur um 1 Einheit in die Höhe, so entsteht daraus das Skalenoeder, d. i. ein Rhomboeder mit viel spitzerem Endwinkel oben und unten, und mit stumpferem Seitenwinkel in der Runde. Nun kann man sich aber davon keinen Begriff machen, durch welche Veranlassung die Natur eine solche Zählung der Molecüle sollte ausführen können.

Eine andere Schwierigkeit besteht in der Dimorphie und Trimorphie. Gewisse Körper erscheinen in zwei verschiedenen Formen, die sich nicht aufeinander zurückführen lassen, wie z. B. Granat und Idokras, Kalkspath und Arragonit, Titansäure, Schwefel u. a. Vom Kalkspath und Schwefel wissen wir zwar die Bedingungen, unter welchen sie die eine oder die andere Form annehmen; allein dies hilft uns nicht viel, denn der Begriff der Kernform kann mit der Dimorphie nicht in Einklang gebracht werden. Ferner ist uns ganz unbegreiflich, wie so verschieden zusammengesetzte Körper in einer und derselben Form sollten krystallisiren können, als da sind im regulären System Diamant, Schwefelkies, Flussspath, Magneteisen, die Alaune, Leucit, Analcim, Kochsalz u. a. Man kann sich nicht vorstellen wie der Diamant als einfacher Stoff dieselbe Krystallform sollte haben können, wie der Kali-Alaun mit 71 Atomen oder das Ammoniakalaun mit 75 Atomen, der Flussspath, Kochsalz mit 2 Atomen, der Schwefelkies mit 3, das Magneteisen mit 7 Atomen u. s. w.

Wenn demnach die Krystallographie nur die äusseren Formen der Krystalle betrachtet, so hat sie als rein mathematische Wissenschaft ihre Basis und Berechtigung; über die Structur der Krystalle hat sie uns nichts gelehrt. Die vielen Beobachtungen von Krystallisationen unter dem Mikroscop haben uns um keinen Schritt weiter geführt, vielmehr noch verwirrt.

Anfangs schien auch die Isomorphie zu schönen Hoffnungen zu berechtigen. Zuerst beobachtete man, dass gewisse ähnlich zusammengesetzte Körper in gleicher Gestalt krystallisirten. Indem man weiter forschte, fand man, dass die Atomvolumen der sich vertretenden Stoffe gleich gross waren. Unter Atomvolum oder Aequivalentvolum versteht man den Raum, den ein Atom oder Aequivalent eines Stoffes einnimmt. Da sich die chemischen Stoffe immer nur in Gewichtsmengen vertreten

können, welche als ihr Atom oder Aequivalent festgestellt sind, so erhielt man das Volum eines Atoms, wenn man das Atomgewicht durch das specifische Gewicht desselben dividirte. So fanden sich die Atomvolum von Eisen, Kobalt, Kupfer, Mangan, Nickel zwischen den Zahlen 3,4 und 3,6 schwebend, von Iridium, Palladium, Platin und Rhodium zwischen 4,5 und 4,7, von Selen und Schwefel 8,3 und 8 und man schien nun darin den Schlüssel gefunden zu haben, warum sich diese Körper in Verbindungen Atom für Atom vertreten könnten, ohne die Gestalt zu ändern, weil sie in Verbindung mit den andern unverändert gebliebenen Elementen die gleiche Gestalt erzeugten. Es müssten dann auch diese Körper nach veränderlichen Verhältnissen die Substanz eines Krystalls bilden können, vorausgesetzt, dass ihre Summe wiederum 1 Atom ausmachte. Auch dies fand statt. Die Vitriole von Eisen, Kobalt, Kupfer, Nickel konnten aus einer gemischten Lösung in sehr mannigfaltigen Verhältnissen in demselben Krystalle sich ansammeln, ohne seine Gestalt wesentlich zu verändern. Allein auch bei diesen Salzen ist von einer vollkommenen Gleichheit der Winkel nicht die Rede, wenn sie nicht zum regulären Systeme gehören. Diese weichen bei den reinsten Salzen dieser Art um eine gewisse Grösse von einander ab. Ebenso auch die natürlichen Carbonate von Baryt, Strontian, Blei und Kalk (Arragonitform) besitzen bei sehr ähnlicher Form Winkel, die um 2 Grade von einander abweichen. Dagegen sind alle Alaune vollkommen isomorph, was auch nicht anders möglich ist, weil die rechtwinklige Lage der 3 Achsen dies nicht anders gestattet. Die Carbon-Spathe von Zinkoxyd, Bittererde, Eisenoxydul, Manganoxydul und Kalk (Kalkspathform) haben ebenfalls Winkel, welche um mehr als 2 Grade differiren. In gleicher Weise differiren aber auch die Atomvolume und zwar noch bedeutender, bis zu 22,8 %. Aus der Aehnlichkeit der Form von Hercinit (FeO,Al_2O_3), Chromeisen (FeO,Cr_2O_3) und Magneteisen (FeO,Fe_2O_3), welche alle regulär krystallisiren, schliesst man auf die Isomorphie von Thonerde, Chromoxyd und Eisenoxyd und in sofern auch auf die Isomorphie von Aluminium, Chrom und Eisen, wie dies auch aus ihren Alaunen hervorging. Wirklich finden sich auch die 3 Oxyde theils natürlich, theils künstlich bereitet in äusserst ähnlichen rhomboedrischen Formen. Dagegen krystallisiren Schwefel und Selen nicht gleich, obgleich die schwefelsauren und selensauren Salze isomorph sind. Wenn man einerseits findet, dass Schwefel, Selen, Mangan, Chrom wegen der Säuren RO_3 isomorph sind, und andererseits Magnesium, Calcium, Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel, Zink, wegen ihrer Spathe, so kann man doch nicht daraus schliessen, weil Mangan in beiden Gruppen vorhanden ist, dass nun auch die 2 ganzen Gruppen isomorph wären. Wenn Chlor mit Mangan isomorph ist wegen der Ueberchlorsäure und Uebermangansäure (R_2O_7), wenn ferner Mangan mit Chrom, Schwefel, Selen wegen der RO_3 Säuren isomorph ist, so müsste auch Chlor mit Chrom, Schwefel, Selen isomorph sein. Allein alle auf solche Weise gebildete Schlüsse

erweisen sich als falsch. Wenn man sich in den Lustgärten der Isomorphie ergehen will, so findet man überall Warnungstafeln mit der Andeutung, dass Fussangeln gelegt sind, und dass die in den Gärten derselben wachsenden Früchte zur Beschauung und nicht zum Genusse bestimmt sind. Daraus folgt, dass die Grundanschauung in der Isomorphie von einer gleichen Gestalt und gleichem Volum der Elemente und Verbindungen grundfalsch ist, und dass hier wahrscheinlich ein anderer, aber bis jetzt noch nicht entdeckter Zusammenhang obwaltet, warum die Natur sich mit einer so ärmlichen Anzahl von Formen für eine so ungeheure Zahl von Verbindungen behelfen kann.

Man könnte fast sagen, die ganze Lehre der Isomorphie bestehe aus einer Summe von Annahmen und Ausnahmen.

Selbst bei schön krystallisirten Körper ist die Grösse der Winkel keine besimmte. Dauber (Pogg. 103,107) fand bei sehr regelmässig ausgebildeten und gut spiegelnden Quarzkrystallen, dass die Winkel auch der ebenflächigsten Krystalle niemals genau den theoretischen Forderungen entsprechen, sondern innerhalb gewisser Gränzen um die idealen Werthe schwanken, dass diese Schwankungen einem ähnlichen Zufall unterliegen wie die Beobachtungsfehler, und dass sie viel bedeutender sind als letztere, wenn ein gutes Messinstrument angewendet wird. Der mittlere Fehler schwankte im Allgemeinen zwischen 15 bis 30 Sekunden, ging aber in einzelnen Fällen bis zu 7 und 9 Minuten. Die Anziehung des Gleichartigen geht vom Stoffe aus und nicht von der Form. Wenn man einen octaedrischen Chromalaunkrystall aus seiner Flüssigkeit hebt und nach dem Abtrocknen mit Firniss überzieht, so wächst der Krystall nicht mehr in derselben Lauge. Ist aber die kleinste Lücke im Firnissüberzug, so setzt sich dort neuer Stoff an und überwuchert die Firnissschichte, ohne eigentlichen Zusammenhang damit. Wenn man an einen Chromalaunoctaeder mit einem Messer oder einer Feile einen stumpferen Winkel anschneidet oder anfeilt, als dem Octaeder zukommt, so setzen sich die neuen Theile nicht parallel der neuen falschen Fläche, sondern in treppenförmigen leisen Absätzen parallel der ächten Octaederfläche an, bis die verletzte Ecke wieder ganz hergestellt ist. An ein gläsernes Octaeder setzt sich kein Alaun an; ebenso nicht an ein Octaeder von salpetersaurem Blei oder Brechweinstein, obgleich beide Krystalle dieselbe Form haben, aber eine verschiedenartige chemische Mischung. Demnach ist die Krystallform das Unwesentliche und die chemische Beschaffenheit des Stoffes die Hauptsache. Die 3 Nitrate von Baryt, Strontian und Bleioxyd können übereinander wachsen, und ebenso die ächten Alaune; aber kein Alaun über ein Nitrat, auch abgesehen von der hierbei unvermeidlichen Fällung unlöslicher Niederschläge.

Die Molecularbewegungen spielen bei der Bildung der Erde eine grosse Rolle. Es sind dabei zweierlei Anziehungen zu trennen: die des Gleichartigen zu einer regelmässigen Form; die des Ungleichartigen

erst zu einer chemischen Verbindung und dann zu einer regelmässigen Form. Beide Erscheinungen sind mit einer langsamen Entwicklung von Wärme verbunden. Von dem ersten Falle haben wir Beispiele in dem Körnigwerden des kohlensauren Kalkes, in dem Krystallinischwerden des fasrigen Stabeisens unter dem Einflusse lange dauernder Erschütterungen. Gleichzeitige chemische Verbindung und Umwandlung unter dem Einflusse der Affinität und Cohäsion mag bei den vielen innern Pseudomorphen, in der allmäligen Umwandlung der Basalte in Eisenoxydulsilicate bis zum Verschwinden des Magneteisens statt finden. Alle diese Stoffwandlungen gehen mit der äussersten Ruhe und Langsamkeit vor sich, und lassen sich weder beobachten noch in ihrem Verlaufe verfolgen. Dem Fertigen können wir die vorhergegangenen Veränderungen nicht mehr ansehen. Die kleine Menge Wasser, welche alle natürliche Silicate enthalten, kann hierbei eine grosse Rolle spielen. Indem das kleinste Theilchen Wasser einerseits diesen, andrerseits jenen Körper berührt, können sich kleine Mengen beider Körper in dem flüssigen Wasser begegnen, nach chemischer Verwandtschaft vereinigen, und dann in einer andern Form wieder absetzen. Bei der unendlich lange dauernden Einwirkung ist der kleine Gehalt der Silicate von 1 bis $1\frac{1}{2}$ % Wasser vollständig ausreichend, solche chemische Umsetzungen zu bewirken. Auf einem ähnlichen Vorgange beruht auch die Veränderung durch Infiltration. Wenn in unsern Versuchen ein Mineral uns vollständig dicht und äusseres Wasser ausschliessend erscheint, so kann es doch in grösseren Tiefen unter anhaltendem Drucke von Flüssigkeiten durchdrungen werden. Der wasserhelle Bergkrystall wird von der Chloritbildung benagt und durchdrungen. Die 6seitigen Blättchen desselben bilden wurmförmig gekrümmte Stäbchen in dem Körper des Bergkrystalls und nähren sich von seiner Substanz. In dem dichten Kalke beginnt diese Umwandlung von aussen und schreitet bis auf bedeutende Dicken fort. An den Gränzen der beiden Bildungen findet jener Vorgang statt, den man bei der Stahlbereitung Cementation nennt, nämlich das Fortschreiten des neuen Stoffs von Molecül zu Molecül und das Nachrücken desselben Stoffes von aussen. In gleicher Weise findet sich der Adularfeldspath auf Gangspalten erst aussen von Chlorit überzogen, dann bis ins Innere durchdrungen, und endlich in reinen Chlorit umgewandelt. Dass alle diese Veränderungen nur auf nassem Wege und durch Vermittelung der kleinen Menge vorhandenen Wassers geschehen können, lehrt die Zusammensetzung der oft chemisch gebundenes Wasser enthaltenden Mineralien, und die nie fehlende Verdichtung der Kieselerde in diesen Verbindungen. Geschmolzene Silicate sind wirkliche Colloidsubstanzen nach Graham und können niemals in einen dichten Körper eindringen. Beim Glimmer haben wir eine andere Form der Molecularwirkung kennen gelernt, die darin besteht, dass unter dem Einflusse starken Druckes sich Cohäsion in einer Richtung ausbildet.

Beim Thonschiefer fanden wir ein ähnliches Verhältniss, welches

ihn mit der Zeit in festes Gestein verwandelt. Der lose Detritus von Felsen wird mit der Zeit fest und zu Stein. Ein Gärtner weiss, dass längere Zeit nicht aufgelockerte Felder einen grossen Widerstand gegen Bearbeitung bieten. Der gleiche Detritus in der Erde liegend nimmt mit der Zeit eine solche Härte an, dass der Baumeister ihn als gewachsenen Boden bezeichnet, und dass er seine Fundamente der Dome und Palläste unbesorgt darauf legt, so wie denn alle menschliche Wohnungen nur auf solchem mit der Zeit verhärteten Detritus stehen. In solcher Weise wirken ununterbrochen kleine Kräfte und bringen im Laufe der Zeit die grössten Veränderungen hervor.

Das Absetzen eines Gesteines aus losgelösten kleinen Gesteinstrümmern in Wasser kann ursprünglich nur in horizontaler oder davon nicht weit abweichender Lage geschehen sein. Auf einer sehr geneigten Ebene, sowohl im Meere als auf dem Lande, würden die kleinen Bruchstücke nicht liegen bleiben, sondern in die Tiefe hinabsinken. Durch diese horizontale Ablagerung entsteht in erster Reihe die Schichtung. Die so gebildeten Gesteine lassen sich mit grösserer Leichtigkeit in der Schichtungslinie als in jeder andern trennen. Die ungleiche Spaltbarkeit in der Schichtungslinie erklärt sich durch ungleiche Mischung der Absätze. Eine thonige Schichte würde leichter zu trennen sein als eine kieselige. Da die spätere Verdichtung immer unter grossem senkrechten Drucke statt gefunden hat, so musste sich eine grössere Cohäsion, wie beim Glimmer, in der mit der drückenden Fläche parallelen Richtung als der senkrechten ausbilden. Die geschichteten Gesteine lassen sich also leichter horizontal als vertical spalten und trennen. So sieht man auch beim Glimmer, der sich auf den Spaltungsflächen des Thonschiefers oder Sandsteines zeigt, dass seine Blättchen in der Ebene der Spaltung liegen, und sie müssen an dieser Stelle und in dieser Lage entstanden sein, weil man niemals solche Mengen Glimmer im Flussschlamm und Meeresschlamm oder im Sande vorfindet. Eine solche Glimmerschichte wird durch ungleiche Beschaffenheit der Substanz Veranlassung zu leichterer Spaltung geben. Die so geschichteten Gesteine werden im Allgemeinen Schiefer genannt, und Schieferung ist ursprünglich mit Schichtung gleichbedeutend. In einem geschichteten Gestein kann durch Infiltrationsmetamorphose die Schieferung bestehen bleiben, wie im Glimmerschiefer, Kalkglimmerschiefer, Talkschiefer, oder sie kann durch weitergehende Metamorphose verschwinden, indem alle Ungleichheiten der Mischung beseitigt wurden. Man erkennt die Schichtung dann oft noch an der Farbe, ohne dass eine leichtere Trennbarkeit auf der Gränzlinie statt findet.

Zuweilen liegt die Spaltbarkeit oder Schieferung nicht in der Schichtenrichtung, sondern macht einen Winkel damit. Die volle Erklärung dieses Phänomens ist noch nicht gefunden (B. Cotta, Grundriss 1846 S. 138). Versuchsweise mag folgende Ansicht hier einen Platz finden. Wenn ein geschichtetes Gebirge vor vollständiger Erhärtung

durch Hebungen seitlichen Druck empfängt, so kann sich eine zweite Cohäsionsrichtung parallel der drückenden Fläche ausbilden. Die alte Schichtung wird dann durch Farben oder Zwischenlagen bezeichnet, die Schieferung aber wird zwischen ganz gleichartigen Massen eintreten d. h. zwischen den neben einander liegenden Theilen derselben Schichte. Damit stimmt sehr gut eine Zeichnung, welche Murchison von einem Grauwackenschiefer mitgetheilt hat. Die ursprüngliche Schichtung ist mannigfach aufwärts und abwärts gebogen, und die Schieferung geht fast senkrecht auf diese Biegungen. Die gezeichnete Stelle ist oben so weit durch Erosion entblöst, dass die obersten Schichten fehlen, man also nicht sehen kann, ob die Schichten oben bei der Hebung durchgebrochen waren oder nicht.

Im Kalke wird sich trotz der horizontalen Ablagerung der Schalthiere wegen der Gleichmässigkeit der Substanz eine Schichtung nicht nothwendig ausbilden. Sie kann sich aber ausbilden, wenn fremde Stoffe, z. B. Flussschlamm, sich schichtweise im Meere absetzen; so im lithographischen Stein. Ebenso konnte sie sich bei Wechsel der Thierarten ausbilden, wie in der Bryozoenkreide.

Die krystallinischen Silicate können die Erscheinungen der Schichtung tragen, ohne selbst geschichtet worden zu sein. Bei ihrer Entstehung aus wässriger Lösung kann ungleiche Farbe, Cohäsion und Einschlüsse eine Art Schichtung bewirken, ohne es im eigentlichen Sinne zu sein. Ist die bildende Capillarspalte ausgedehnt, so können mit dem Wechsel der Zusammensetzung der Flüssigkeit auch die Farben und Einschlüsse des Gesteins wechseln. Solche Vorkommnisse zeigen sich in vielen Silicatgesteinen, müssen hier aber in anderer Weise gedeutet werden.

Der Lös ist ungeschichtet, obgleich er aus immer anwachsenden Schichten entstanden ist. Die immer vorhandenen Pflanzen, welche die Lössubstanz sammelten, liessen keine glatte Fläche entstehen. Im Sandstein kann die Schichtung durch ungleiches Korn, durch thonige Absätze sich ausbilden. In der Steinkohle laufen die Schichtungen horizontal entsprechend dem Drucke, unter welchem die Erhärtung und Stoffwandlung geschah. Im Steinsalz ist die Schichtung der horizontalen Würfelfläche oder der Absetzung von Thon und Flussschlamm zuzuschreiben. Dieselben Schichten enthalten oft gleichartige Reste von Pflanzen und Thieren, wegen der nothwendigen Verbreitung des gleichzeitig sich Absetzenden auf einer horizontalen Fläche.

Das sogenannte Uebergangsgebirge, Thonschiefer und Grauwacke, ist fast niemals in erster horizontaler Lage, sondern zerbrochen und aufgerichtet. Die Stücke stehen wie eine Anzahl Bände oder ein Spiel Karten seitlich an einander angelehnt. Das rheinische Schiefergebirge von Bingen bis Bonn ist in dieser Art aufgerichtet; die zerbrochenen Enden der Schichten ragen oben heraus und sind mit Gerölle und Dammerde bedeckt. Oft stehen die Schichten ganz senkrecht. Es ist sehr

schwierig sich von dem Vorgange einen klaren Begriff zu machen, auch wenn man mehrere Hebungen und Senkungen annimmt. Ich ziehe vor, diese Erscheinung als offene Frage zu betrachten. Volger betrachtet die Bildung des Faltenwurfes als aus stofflicher Vergrösserung der Schichten in Länge und Breite hervorgegangen. Die hinzukommenden Stoffe können nur durch Infiltration hinein treten. Wenn sich die Schichten in horizontaler Richtung durch Stoffaufnahme vergrössern, so müssen sie sich, um Raum zu gewinnen, in wellenförmigen Biegungen erheben, dann zuletzt an der Falzkante durchbrechen. Das mag für viele Fälle passend sein, obgleich es die Aufrichtung des rheinischen Schiefergebirges nicht erklärt. Man beweist die Streckung der Schichten aus der Trennung der Bruchstücke einzelner Krystalle, aus der regelmässigen Einschaltung fremden Stoffes zwischen die Wirbel oder Theile eines Thieres. Eine Streckung der Schichten lässt sich durch blosen andauernden Druck erklären. Die uns als fest und starr erscheinende Erde ist, wie Gletschereis, in einer ewigen langsamen Verschiebung und Bewegung begriffen. Ein verlassener mannshoher Stollen im Rammelsberg bei Goslar ist seit Karl's des Grossen Zeit so zusammengedrückt, dass eben nur eine Katze in das noch übrige Loch hinein kriechen kann. Im Salzkammergut füllen sich die verlassenen Baue allmälig und ohne Bruch wieder an. In den leeren Bauen des Steinkohlengebirges bei Newcastle steigen die Böden zwischen den stehen gebliebenen Pfeilern quellend hervor, durch das Nachdringen der tieferen bersten die oberen auf dem Sattel, wachsen aber immer weiter, bis sie die Decke der Höhlung erreichen, und diese zuletzt ganz ausfüllen. Diese Erscheinung ist ganz allgemein. Es folgt daraus, dass der Begriff der Starrheit nur ein relativer ist, wenn man einen kurzen Zeitraum im Auge hat. Bei diesen langsamen Bewegungen bleiben die Schichten scheinbar ganz, nehmen aber im Laufe der Zeit die wunderlichsten Beugungen und Faltungen an. Prachtvoll sieht man diese zwischen Brunnen und Flüelen an beiden Ufern des Vierwaldstädter Sees, besonders am Axenberg blos gelegt. Unter dem Einflusse dieser Hebungen müssen sich die Schichten auch bedeutend strecken. Ein genaues Studium der Molecularbewegungen dürfte für die Geologie noch manche Erklärungen bringen, wenn gleich das Wort bis jetzt kaum darin genannt worden ist.

Zerbrochene und wieder verkittete Geschiebe.

Dieser Gegenstand ist von Noeggerath im Jahrbuche der Wiener geologischen Reichsanstalt für 1853 ausführlich besprochen worden. Geschiebe mit Eindrücken sind zuerst bei St. Saphorin am Genfer See und später bei St. Gallen beobachtet worden. Dann zeigte sich die Erscheinung in der Nähe des Züricher Sees nördlich von Rapperswyl sehr häufig an Kalkgeröllen. Man fand ähnliche Vorkommen bei Bregenz, bei Appenzell, im Högau, bei Marseille, Mezel und am bunten Sandstein bei Malmedy. Meistens kam die Erscheinung bei Kalkstein vor, dann aber auch bei Geschieben von Granit, Syenit, Diorit, Gneiss, Glimmerschiefer, Kieselschiefer und Quarz. Die Sache erklärt sich leicht durch mechanischen Druck, welche fertige Geschiebe, die in Grand eingebettet lagen, auf einander ausübten. Ein spitzeres Ende konnte sich in die breitere Seite eines andern Geschiebes einbohren, ein härteres Geschiebe in ein weicheres. Durch zunehmenden Druck konnte auch das angegriffene Geschiebe zerbrechen, und unter günstigen Umständen wurden die beiden Bruchstücke wieder durch ein anderes Mineral verkittet. Die Bruchflächen sind meist etwas seitlich verschoben und dann der Spalt wieder ausgefüllt. Das geschah gewöhnlich durch Kalkspath oder Quarzsubstanz je nach der Natur der hier vorhandenen Flüssigkeit. Volger*) hat ein ähnliches Vorkommen in Sachsen genau beschrieben, wobei zerbrochene Geschiebe von Sandstein durch ein Gemenge von Feldspath in Adularform und Bergkrystalle verkittet worden sind. Diese Vorkommnisse sind hier nicht etwa einzeln oder selten, sondern in solchen Mengen, und dass man sie zentnerweise an einer Stelle sammeln kann. In allen Stücken ist der Quarz vor dem Feldspath entstanden, während auf Gangspalten gewöhnlich die umgekehrte Ordnung statt findet. Auch sind noch Flussspathe darin eingebettet, die selbst wieder von Kalken herrühren.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass in allen genannten Fällen die Verkittung der zerbrochenen Geschiebe durch Kalkspath, Quarz und Feldspath auf dem nassen Wege geschah, und zwar in ganz gleicher Art, wie die Ausfüllung der Gangspalten, indem die Bruchspalten der Geschiebe auch nichts als Gänge sind. Auf nassem Wege ist die Ordnung der Gemengtheile keine bestimmte, und kann deshalb von der gewöhnlichen Ordnung im Granitgebirge abweichen, ohne dass daraus etwas Gegentheiliges geschlossen werden könnte. Volger legt mit Recht einen Werth auf dieses Vorkommen, weil es unbezweifelt eine Entstehung des Feldspathes auf nassem Wege beweist, welche selbst

*) Jahrbuch 1861.

von Anhängern der ältern Schule (A. Knop) zugegeben, von andern (Naumann) nicht bestritten wird, und es ist auch nicht einzusehen, was gegen diesen Schluss eingewendet werden könnte.

Oertlichkeiten, wo noch heute die Geschiebe mit Eindrücken und Brüchen erzeugt werden, sind in Gebirgsgegenden nicht selten. Zwischen den Orten Finkenberg und Lanersbach, in einem Seitenthale des Zillerthales in Tyrol, ist noch eine fortwährend thätige Schlammmure, ein wahrer Schlamm-Gletscher, welcher sich aus einer steilen Schlucht bis in die Thalsohlen an den Duxerbach niederzieht. Diese Mure ist je nach den atmosphärischen Niederschlägen mehr oder weniger mit Wasser gesättigt, mit vielen Geröllen beladen, die sich unter dem gewaltigen Drucke der langsam bewegten Masse wechselseitig verletzen, reiben, zerbrechen. Die Geschiebe bestehen aus Thonschiefer, Grauwackensandstein, Quarz und körnigem Kalke; die breiige Grundmasse besteht aus kalkhaltigem Thonschlamm, der aus zerriebenem Thonschiefer gebildet wird. Hier haben die Kalk- und Thonschiefergeschiebe die tiefsten und meisten Eindrücke, und die Quarze und harten Sandsteine sind die angreifenden Stücke. In der breiigen, langsam sich fort bewegenden Masse bleiben die zerbrochenen Geschiebe rundum vom Schlamme umschlossen, weshalb sie ihre wechselseitige Lage nur wenig verändern. Auch in andern Thälern von Tyrol und der Schweiz finden sich solche periodische Schuttlawinen und Schlammströme, welche sich in nassen Jahreszeiten von den Gipfeln der Berge in die Thäler ergiessen. Im Passeyerthal an der sogenannten Kellerbahn bei St. Martin, im oberen Oetzthal bei Lengenfeld, zwischen Miltenberg und Lengmoos nördlich von Botzen, im Rhonethal bei Siders, im Plyner Walde, im Vispthale sind solche Schlammströme noch immer zu beobachten. So fanden ähnliche Ereignisse zu allen Zeiten statt, und in den ältern Vorkommnissen sind die Bruchstücke der Geschiebe bereits wieder durch Mineralsubstanzen verkittet, während sie in jüngern noch getrennt liegen.

Ausfüllung der Flussthäler mit Geröllschichten.

Es ist eine häufig wiederkehrende Erscheinung, dass die Flussthäler viel breiter sind, als die Flüsse selbst, und dass neben dem Flusse horizontale Ebenen sich vorfinden, welche bis an das benachbarte Gebirge reichen. Diese Flussebenen sind auf ihrer ganzen Ausdehnung

mit Geröllagen bedeckt, auf denen sich zu oberst eine mehr oder minder dicke Schichte Dammerde vorfindet. So befindet sich z. B. zwischen Coblenz und Andernach eine ausgedehnte Ebene, durch welche sich der Rhein hinzieht. Selbst bei Hochwasser wird diese Ebene nicht überschwemmt, oder wenigstens nur kleine an den Fluss anstossende Strecken. Zwischen Andernach und Bonn hat das Rheinthal vielfache Ausbreitungen, welche in gleicher Weise angefüllt sind. Von Godesberg an zieht sich das Gebirge auf beiden Seiten des Rheines zurück und bildet die weite Ebene zwischen den letzten Ausläufern des Siebengebirges auf der rechten, und den letzten Ausläufern des Thonschiefergebirges auf der linken Seite. Die letztern laufen im sogenannten Vorgebirge zwischen Bonn und Cöln ganz aus, und verlieren sich in der Ebene, die nun mit geringen Störungen bis ans Meer verläuft. Oberhalb Bingen zeigt die weite Rheinebene, die rechts von dem Taunus, der Bergstrasse und dem Schwarzwalde begränzt ist, links vom Haardtgebirge und den Vogesen, ganz dieselben Erscheinungen. Die Berge ziehen sich so weit vom Rheine zurück, dass die am Rheine liegenden Städte, Worms, Mannheim, Ludwigshafen, Speier, Strassburg in einer vollständigen Ebene zu liegen scheinen. In ähnlicher Art bildet die ganze norddeutsche Ebene, da wo das Gebirge aufhört, ein mehr und minder mit Gerölle überschüttetes Flachland.

Wenn nun auch die Ausfüllung dieser Ebenen mit Gerölle die Mitwirkung des Flusses deutlich bekundet, so liegt die Erklärung der Erscheinung doch nicht so nahe, als sie auf den ersten Anblick scheint. Es ist nämlich kaum zu begreifen, wie der Fluss unter gewöhnlichen Verhältnissen so weite Ebenen, als die genannten, gleichmässig mit Schutt und Gerölle solle bedecken können. Immer musste sich der Fluss ein Bette graben, und dann die übrige Ebene weniger angreifen. Die Erscheinung wird uns aber leicht begreiflich, wenn wir die allmälige Entstehung des Flussbettes ins Auge fassen.

Es ist nämlich unzweifelhaft, dass bei den Hebungen und Senkungen der Erde, die ausser aller Frage stehen, und die in ungeheuren Zeiträumen mit grosser Langsamkeit stattfinden, dieselbe Gegend mehremal denselben Wirkungen unterworfen worden sei. Jedes Land, welches lange über Wasser stand, hat von den meteorischen Wassern nothwendig Einschnitte und Gerinne erhalten. Diese senken sich mit unter Wasser und bilden dann einen unebenen Meeresgrund. Hier können nun Meeresablagerungen von Kalk, Steinkohle, Thonschiefer, Sand stattfinden, allein durch die nachfolgenden Ereignisse werden dieselben wieder bedeckt oder losgespült. Wenn sich nun dasselbe Land mit seinen bereits früher gebildeten Flussgerinnen wieder langsam aus der Tiefe hebt, so ragen die Gebirge zuerst hervor und bilden bereits wieder das alte Flussgebiet. Die Thäler sind noch vom Meere bedeckt, welches aber mit dem ferneren Steigen des Bodens immer seichter wird. Die auf das bereits vorhandene Flussgebiet fallenden meteorischen Wasser

bringen eine Strömung nach dem Meere zu Stande, da aber der Thalboden schon ganz nahe die Oberfläche des Wassers berührt, so wird diese Strömung sehr seicht aber breit sein. Die Rollkiesel, welche vom Gebirge herabkommen, werden auf der ganzen Ebene vertheilt, Vertiefungen des Grundes werden ausgefüllt und Erhöhungen abgetragen. Bei dieser Beschaffenheit eines seichten und sehr breiten Flusses muss sich eine fast vollkommen horizontale Ebene bilden, denn da die Hebung des Landes sehr langsam geschieht, so wird auch eine eben so lange Zeit die Ausfüllung der Vertiefungen dauern. Die einzige wesentliche Bedingung zur Ausfüllung sehr breiter Thäler durch Geröllagen ist die, dass kein Flussbett sich bilden kann, und diese findet statt, wenn der Boden des Flusses noch nicht oder sehr wenig über die Höhe des Meeres gestiegen ist. Das abfliessende Regenwasser muss sich über die ganze Ebene verbreiten, und wegen der Bedeckung mit Wasser kann kein Flussbett entstehen.

Allmälig hebt sich aber das Land aus dem Niveau des Meeres heraus, das Wasser läuft aus den breiten Becken ab und das nun durchfliessende Wasser bildet ein deutliches Flussgerinne in diese Geröllschichten. Im Verhältniss, als das Land höher steigt, schneidet der Fluss tiefer ein. Hochwasser überfluthen noch die wenig hervorragenden Seitenflächen, bis endlich das Flussbett so tief geworden ist, dass es auch die bedeutendsten Hochwasser in sein Bett aufnehmen kann. Die nur wenig hervorragenden Flachländer werden auch heutzutage noch von Hochwassern überfluthet, dagegen diejenigen Thalebenen nicht mehr, wo der Fluss sich tief eingeschnitten hat.

Wenden wir diese Ansicht auf die Bildüng des Rheinthales an, so treten uns folgende Thatsachen entgegen.

Das rheinische Schiefergebirge steht zerbrochen und aufgerichtet da, ist also nicht mehr in horizontaler Ablagerung vorhanden, es muss also wohl schon Hebungen und Senkungen erlitten haben, um in diese Verfassung gekommen zu sein. Das jetzige Rheinthal rührt von einer früheren Zeit her, ehe die letzte Senkung unter das Meeresniveau stattfand. Dies beweiset die Ablagerung des aus dem Laacher See abstammenden Bimssteines, welcher schwimmend bis nach Altenkirchen, Wetzlar, Giessen und Marburg getragen wurde. Die Bimssteinschichte zeigt deutlich die damalige Gestalt des Meeresbodens an, indem sie sich überall ablagerte und Erhöhungen und Vertiefungen gleichmässig bedeckte. Sie kömmt nun vom Laacher See herab, bedeckt in ungeheuren Schichten die nächsten Umgebungen, und tritt überall ungehindert auf das andere Ufer des Rheines und der Mosel. Beide Flüsse waren also noch nicht vorhanden, wohl aber war ihr Thal vorhanden von einer früheren Zeit, wo sich schon die Thäler dieser Flüsse gebildet hatten. Die ganze Bimssteinablagerung konnte nur unter dem Meeresniveau stattfinden, und nicht in einem Landsee, wie vielfach angenommen wird, weil in Landseeen Vulkane niemals vorkommen können, und weil die

höchsten Punkte der Bimssteinablagerung nicht überall gleich hoch sind. Wo jetzt die Bimssteine liegen, konnten sie nicht in einem Landsee abgesetzt sein, weil sie sich das ganze Rheinthal hinab bis Bonn und Cöln verbreiten und hier ein Schluss des Landsees nicht stattfand. Zwar konnten nachher Bimssteinlager, als sie schon über das Niveau des Wassers gekommen waren, durch Hochwasser, Gewitterregen noch einmal ihren Platz verändern; allein alsdann mussten sie sich auch im Flussbette und dessen Ueberschwemmungsgebiet absondern. In den Geröllschichten können sie sich wegen ihrer Zerreiblichkeit nicht erhalten haben. Als nun das Land sich hob, so floss das Wasser durch das offene Becken des Rheinthales ab und hielt sich mit dem Meere in ziemlich gleichem Niveau, weil es damit in unmittelbarer Verbindung stand. Das auf die bereits hervorragenden Berge fallende Regenwasser erhöhte den Wasserstand um ein weniges und bewirkte einen Strom nach dem Meere. So lange der Querschnitt des über dem Boden stehenden Wassers noch bedeutend war, konnte durch das Regenwasser keine rasche Strömung entstehen. Der Schlamm der Flüsse lagerte sich in den Vertiefungen ab und bedeckte den Bimsstein. Damit fing die erste Ausgleichung der Unebenheiten des Bodens an. Ein Flussbett konnte sich nicht bilden, weil das Wasser auf der ganzen Breite des Thales floss und wenn es nicht floss, stand. Mit der Erhebung des Bodens nahm der Querschnitt des Wassers ab und die Schnelligkeit der Strömung nahm zu. Es musste nun auch eine Zeit eintreten, wo der Boden mit dem Meere gleichstand und das fliessende Wasser eine bedeutende Schnelligkeit annahm. Dies war die zweite Zeit der Thalausfüllung mit Geröllen, und da diese bei der langsamen Hebung des Bodens lange dauerte, so waren die Bedingungen vorhanden, auch grössere Ebenen zu bilden, so wie wir sie an allen Flüssen wahrnehmen. Mit zunehmender Hebung des Bodens fing die Bildung des Flussbettes an. Bei gewöhnlichen Verhältnissen wurde die grosse Breite des Thales schon trocken, und nur bei Hochwasser noch einmal überschwemmt. Der Fluss suchte den geradesten Weg durch die Ebene oder er wich vorhandenen Hindernissen aus und nahm leichte Krümmungen an. Je höher das ganze Land stieg, desto seltener wurden die Ueberfluthungen des breiten Thales und der Fluss blieb in seinem Bette, welches er dann immer mehr vertiefte. So riss der Rhein, als er sich seinen Weg durch das Neuwieder Becken bahnte, erst die oberen Schichten der noch weichen Binnenlandabsätze weg, und durchsetzte dann die darunter liegenden Bimssteinablagerungen. Diese treten auf dem linken Rheinufer bei Urmitz, ganz deutlich auf, und lassen sich sogar vom Dampfschiffe aus in ihrer regelmässigen Schichtung erkennen. Auf dem rechten Rheinufer setzen sie ohne Unterbrechung fort, und es werden die dichten Bimssteine zu Bausteinen an den Ufern des Saynbaches, auf dem rechten Rheinufer, aus den Bänken geschlagen und bei Urmitz, auf dem linken Rheinufer, so wie an zahlreichen andern Stellen,

werden die losen Bimssteinstücke mit Kalkbrei zu parallelopipedischen Steinen geformt und zum Einbau der Häuser verwendet. In Koblenz und Umgegend findet jeder Bauende beim Auswerfen des Kellers die nöthige Menge Bimssteinsand, um daraus den Mörtel zu machen. Nehmen wir an, dass das ganze Land sich gleichmässig gehoben habe, so musste das jetzige Rheinthal mindestens um so viel tiefer unter der Meeresoberfläche gelegen haben, als die höchsten noch vorfindlichen Bimssteinablagerungen jetzt darüber liegen.

Man wird kaum auf der ganzen Erde eine Stelle finden, welche so geeignet ist, diese Verhältnisse zu ergründen, als gerade diese rheinische Gegend des Neuwieder Beckens, denn die untermeerig abgesetzte Bimssteinlage gibt ein treues Bild von der damaligen Beschaffenheit des Meeresbodens. Ohne diese Bimssteinablagerung wäre der Schluss viel weniger leicht und sicher.

In gleicher Weise wie die breiten Flussebenen mit Gerölle bedeckt wurden, entstanden diese auch auf den höchsten Gipfeln der Berge. In sämmtlichen Hochebenen dieses Landes finden sich die Rollsteine aus Quarz, die aus den zertrümmerten Quarzgängen des Thonschiefergebirgs entstanden sind. Beim Heben des Landes traten die jetzt am höchsten liegenden Punkte zuerst hervor und waren dem Spiele der Meereswellen und der Wirkung der meteorischen Wasser zugleich ausgesetzt. Der Thonschiefer wurde zertrümmert, und die Quarzgänge in Rollkiesel verwandelt. Bei immer zunehmender Erhöhung des Landes traf derselbe Vorgang alle Lagen, welche nicht zu steil waren, um Rollkiesel festzuhalten.

Bei einer genauen Betrachtung der Umgegend von Koblenz erscheint das Gebirge in 4 Terrassen von ungleicher Höhe. Die oberste Terrasse bildet die Hochebene des Hundsrückens bei Koblenz, die Montabaurer Höhe, der Horchheimer Berg, der Kühkopf, der Rübenacher Wald, Monrepos und die gleichhohen Lagen von Bingen bis Bonn. Die senkrechte Höhe beträgt 1000 bis 1200 Fuss.

Die zweite Terrasse bildet das obere Plateau des Ehrenbreitsteins, die Karthause, ein Höhenzug bei Horchheim, der Kümmelberg bei Metternich; senkrechte Höhe 350 bis 400 Fuss. Die dritte Terrasse bildet die Stelle, wo die Gasfabrik steht, der grösste Theil der Rheinebene, und der obere Theil von Koblenz, etwa 30 bis 35 Fuss hoch. Die vierte und niedrigste Terrasse bildet an vielen Stellen die unmittelbare Umgebung von Rhein und Mosel. In der Stadt Koblenz liegt die Kastorstrasse und ein Theil des Rheinufers darin. Diese letzte Terrasse ist bei Hochwasser noch der Ueberschwemmung ausgesetzt. Aus der Kastorstrasse steigt man durch die Nagelsgasse von der 4ten auf die dritte Terrasse, worauf der kleine Paradeplatz und alles Hinterland liegt, bis an den Fuss der umgebenden Gebirge. In der Rheinstrasse ersteigt man die dritte Terrasse ganz rasch vom Gasthofe zum Riesen ausgehend.

Diese Terrassenbildung scheint anzudeuten, dass die Hebung des Landes in verschiedenen Zeiten mit ungleicher Geschwindigkeit stattfand. Bei langsamer Hebung füllten sich die Thäler mit Gerölle aus und bildeten horizontale Plateaus; bei rascher Hebung blieben steilere Abhänge zurück. Alle diese 4 Terrassen sind bis auf die obersten Lagen mit Rollsteinen bedeckt und beweisen dadurch ihre frühere Untertauchung unter Wasser. Ueber grössere Ebenen ziehen sich verlassene Flussbette hin. Als das Maifeld noch seicht unter Wasser lag, mochte die Mosel hierher geflossen sein; bei stärkerer Hebung verliess sie dieses Bett und zog sich in das bereits vorhandene, von einer früheren Zeit herrührende, heutige Moselbett zurück. Die Rollsteine blieben auf dem Maifelde liegen.

Eine ähnliche Terrassenbildung zeigt die östliche Seite von Südamerika, wie schon oben (S. 197) besprochen wurde. Das Meer ist an dem Ufer sehr seicht. Tritt der Meeresboden allmälig über das Meer, so werden die zuerst gehobenen Stellen von der Brandung angegriffen und in die daneben liegenden Tiefen geschüttet. Die wagrechte Lage der Ebenen in Patagonien ist eine reine Copie von der ebenen Fläche des Meeres. Bei periodisch zunehmendem Wachsthum entstanden die steilen Treppen, welche von einer Terrasse rasch auf die andere führen.

In jene Zeit, wo die erhobenen oder sich senkenden Länder nur zum Theil aus dem Meeresniveau hervorragten, fällt auch die Bildung der Braunkohle und der damit in Verbindung stehenden Gebilde. Grosse Stellen bildeten noch bedeutende Wassersammlungen, welche wegen der gleichen Höhe des Meeres nicht ablaufen und nicht austrocknen konnten. Die gehobenen Länder bedeckten sich mit Wald und es entstanden Bäche und Flüsse, welche die abgespülten Holzstämme in die Landseeen führten. Zugleich fiel hier Gerölle, Sand und Thon hinein, die sich in denselben je nach ihrer Flötzung absetzten. Nach der Hebung des Landes liefen diese Landseeen ab, oder trockneten ein. Die Verwandlung des geflötzten Sandes in Sandstein, die Zersetzung der im Bereiche liegenden Thonerdesilicate in plastischen Thon oder Kaolin, die Bildung von Sphärosiderit, Schwefelkies, Alaunerde sind nachherige Vorgänge, die mit dem Vorgange des Absatzes nicht verwechselt werden dürfen.

So finden sich denn ausgedehnte Spuren von Braunkohlenbildung in den Niederungen aller allmälig erhobener Länder. Es können auch die Begleiter der Braunkohle ohne diese selbst vorkommen. Waren die erhobenen Länder ohne Wald, so wurden die Geröllsteine, der Sand und Thon allein in den Landsee geführt, und aus diesem Grunde betrachte ich diese einzelnen Bildungen als nicht zusammengehörig, und wenn sie zusammen vorkommen, als zufällig. Die Bildung des Braunkohlensandes hängt von der Zertrümmerung Quarzgänge führender Gesteine ab; die des Thones, von der Gegenwart von Basalt, Melaphyr, Thonschiefer; die der Braunkohlen von der Gegenwart von Wäldern ab. Alles dies ist unabhängig von einander, und der Zusammenhang ist ein anderer, als man

gewöhnlich annimmt. Wenn Basalte, Melaphyre durch ihre Verwitterung eine Erde geben, die besonders zum Waldwuchs geeignet ist, so ist das Vorkommen von plastischem Thon in den Braunkohlengebilden nicht so räthselhaft. Ohne die Bestandtheile der Grünsteine würden keine Wälder dort gewachsen sein, und die vergrabenen Wälder zerstören durch ihre Kohlensäure die Reste und Trümmer der Thonerdesilicate, dieselbe in plastischen Thon verwandelnd. Während auf der oberen Schichte der Erde Braunkohle sich bildete, hoben die unten sich neubildenden Basalte, Trachyte, Granite das Land in die Höhe. Es kann also auch von einem Jünger- und Aeltersein der Braunkohle gegen die Silicate keine Rede sein.

In vielen geologischen Werken werden Landkarten der Kreidezeit, der Jurazeit, der Molassezeit und anderer Zeiten mitgetheilt. Es sind dies willkührliche Umrisse der Länder, welche aus der heutigen Gestalt der Erde mit einer beliebigen Versenkung unter die Oberfläche des Meeres entstehen, gleichsam Ueberfluthungslinien, wenn man sich jetzt das Meer um eine gewisse Grösse erhöhet denkt. Allein diesen Annahmen liegt zunächst die irrige Ansicht zu Grunde, dass es eine solche einzelne Zeit gegeben habe, während wir jetzt genauer wissen, dass diese Zeit immer gewesen ist und noch heute bestehet. Wenn sich ein grosser Continent langsam aus dem Meere erhebt, so bilden sich auf dem entblösten Theile sogleich Gerinne, und die Verwitterung beginnt bei den der Luft und dem Schnee ausgesetzten Gesteinen. Es ist natürlich, dass wir von allen den Veränderungen nichts wissen können, welche während der Hebung des Landes allmälig eingetreten sind. Es folgt daraus, dass die höchsten Theile eines Landes, welche zuerst aus dem Meere getreten sind, weit mehr verloren haben, als die erst später aus dem Meere getretenen, welche eher noch Verschüttungen von den oberen erhielten. Demnach muss der ursprüngliche Unterschied zwischen den Spitzen der Alpen und dem umliegenden Tieflande weit grösser gewesen sein, als heute. Viele Flussthäler, die wir heute als fertig auf unsern Landkarten finden, sind erst im Laufe der Zeit entstanden, während die Hebungen immer fortgingen. Die tief eingeschnittenen Alpenthäler der Reuss, der Aar, des Rheins sind ursprünglich nicht vorhanden gewesen, und durch die Wirkung von Wasser, Schnee und Frost eingeschnitten worden. Wie wäre es möglich, das im Laufe der Zeit verschwundene in Gedanken ergänzen zu können? Man muss sich bescheiden, dass uns das für alle Zeiten verborgen bleiben wird, und auch ohne Schaden verborgen bleiben kann, denn es wäre doch nur eine jener unzähligen Formen, die sich ewig einander folgen.

Abplattung der Erde als geologischer Beweis.

Die plutonistische Theorie glaubt eine bedeutende Stütze in der Abplattung der Erde an den Polen zu finden, indem sie diese Abplattung als eine nothwendige Folge des Umschwunges der Erde um ihre Achse und ihres ursprünglich geschmolzenen Zustandes ansieht. Betrachtet man die Sache genauer, so findet man, dass auch ohne die Annahme des feuerflüssigen Zustandes dieselbe Abplattung stattfinden musste. Zunächst wird das Meer als vollkommen flüssig von selbst diese Abplattung annehmen, und dieses bedingt, dass sich die festen Theile der Erde mehr oder weniger dieser Gestalt anpassen. Alle Gebirge, die aus dem Meere hervorragen, sind der Verwitterung durch Wasser und Luft ausgesetzt, besonders aber dem Abtragen durch Gletscherbildung und Senken des Gletschereises. Diese Gletscherwirkung ist um so gewaltiger und tiefer hinabgehend, als die Gebirge den Polen näher liegen. Es müssen also die Abnutzungen um so stärker sein, je mehr die äussern Kräfte darauf hinwirken. Dies bewirkt, dass die Gebirge nach den Polen zu, bei gleicher angenommener Erhebung durch inneres Wachsthum, nicht die Höhe der Gebirge in dem warmen Gürtel der Erde erreichen. In der That liegen auch die höchsten Gebirge der Erde, der Himalaya, die Cordilleren, selbst die Alpen unter milderen Klimaten, als die nordischen Gebirge. Wenn wir die ganze Norddeutsche Ebene von Westphalen bis nach Russland hin, und selbst Finnland mit den Trümmern norwegischer Granite bedeckt finden, so können wir einen Schluss machen, wie hoch die norwegischen Granite über dem Meer ragen würden, wenn alle diese Bruchstücke noch daran wären. So aber sind diese Gebirge in früheren Zeiten schon immer abgetragen worden, und stellen verhältnissmässig niedrige Gebirgsrücken von 3 bis 4000 Fuss Höhe dar, während sie ohne diese Abtragung wohl den Montblanc überragen würden. Die Meeresoberfläche ist aber die Gränze der Abnutzung, und Alles, was darunter liegt, ist vollkommen gegen Verwitterung und Gletscherbildung geschützt. Demnach ist es einleuchtend, dass die festen Gebirge im Laufe der Zeiten sich der Gestalt des Meeres, welches die Abplattung per se darstellt, anpassen werden, und dieselbe nur um diejenige Höhe überragen werden, die wir als die Gränze der höchsten Gebirge kennen. Es ist sehr zu bezweifeln, ob unsere Erde ohne Gletscherbildung und Verwitterung durch Frost und ohne Meer eine so regelmässige Kugelgestalt haben würde, als sie in der Wirklichkeit zeigt. Ganz sicher würden die Gebirge bei gleicher innerer Thätigkeit der Erde weit höher aufsteigen, als sie jetzt thun können. Das

Meer ist demnach als die wirkliche Ursache der Kugelgestalt und der Abplattung der Erde anzusehen, indem alle unter seinem Wasserspiegel liegenden Schichten gegen Verwitterung geschützt sind, und die darüber liegenden ihr ausgesetzt sind, und zwar um so mehr, je weiter sie nach den Polen liegen, und endlich führt auch der Lauf der Flüsse allen Raub der Gebirge dem Meere zu, und in diesem wachsen die Bodenschichten aus den Bestandtheilen des Meeres selbst an, welche diesem wieder durch die Flüsse ersetzt werden. Alles dies trägt dazu bei, die Unebenheiten der Erde auszugleichen, und es würde zuletzt unvermeidlich alles feste Land unter den Meeresspiegel hinabsinken, wenn nicht wieder andere Thätigkeiten vorhanden wären, welche durch örtliche Ansammlung von Stoffen auch das Land aus dem Meere heraushöben. So finden also zwei entgegengesetzte Wirkungen immer zu gleicher Zeit statt, und während die Erde immer eine ziemlich regelmässige und abgeplattete Kugel bleibt, ist das Endresultat kein anderes, als dass Meer und Land ihren Ort wechseln, und dass die Länderkarte der Erde immer neue Gestalten annehmen muss. Dazu haben wir aller Orte die Belege. Die im Innern der Erde entstandenen Granite überragen hoch den Meeresspiegel; die Seethiere des Jurakalkes liegen Tausende von Fussen über dem Meere, die auf dem Boden des Meeres entstandenen Steinkohlen liegen im Innern des Festlandes und über der Meeresfläche; wo früher die schmelzenden Gletschereisberge ihre Granitstücke ins Meer fallen liessen, liegen jetzt blühende Städte und fruchtbare Felder.

Demnach ist klar, dass die Abplattung der Erde nicht ausschliesslich für die plutonistische Theorie spricht, sondern ebenso kräftig für die Ansicht der langsamen Entwicklung; da aber die Zusammensetzung der sogenannten plutonischen Gesteine und ihre Anordnung gegen den Plutonismus entscheidet, so entgeht ihr auch die aus der Abplattung der Erde genommene Beweiskraft. Es genügt selbst nicht, dass die Erde ursprünglich einmal im geschmolzenen Zustande gewesen sei, um die abgeplattete Form auf alle Zeiten hin zu behaupten, wenn nicht die Gestalt des Meeres und die Verwitterung hinzu käme, um diese Form festzuhalten.

Welche Gestalt auch die Erde einmal gehabt haben möge, man gebe ihr Wasser und eine Rotation um ihre Achse, so muss sie zuletzt auf das abgeplattete Sphäroid herauskommen. Man denke sich die Erde als Tetraeder und das Meer darüber ausgegossen, so wird dies keine Kugelform annehmen, sondern in flachen Bögen die Dreiecke bedecken und der Anziehung der hervorragenden Massen nachgebend etwas nach den Ecken aufsteigen. Die Wasseroberfläche in der Nähe eines grossen Gebirges (Sheeallien) steht nicht senkrecht auf dem Radius der Erde. Die Ecken ragen meilenweit hervor und verfallen einer ungeheuren Gletscherbildung. Indem die Spitzen durch Gletscher abgetragen werden, zieht sich auch das Meer allmälig zurück, und da die Abtragung nur durch die Oberfläche des Meeres begränzt ist, so leuchtet ein, dass das

Ende der Gestaltveränderung eine Kugel sein muss, und wenn sie zugleich rotirt, eine abgeplattete. Es erhält so die ewige Zerstörung der hohen Gebirge die abgeplattete Gestalt der Erde auf alle Zeiten und weit richtiger, als es die einmalige Formgebung aus dem Schmelzflusse könnte.

Verschiebung der Rotationsachse der Erde.

Die Ortsveränderungen des Stoffs der Erde durch Abführen von Schlamm und Gruss aus dem Festland in das Meer und die Erhebung der Gebirge über das Meeresniveau könnte wohl eine Verschiebung der Rotationsachse der Erde bewirken, besonders wenn der Ortswechsel vom Aequator nach den Polen hin stattfindet. Viel weniger würde sie wirken, wenn sie parallel mit dem Aequator stattfände. Haedenkamp*) hat diese Frage analytisch behandelt und ist zu dem Resultate gekommen, dass Erhebungen wie der Himalaya oder die Andeskette noch nicht die Veränderung einer Bogensecunde in der Lage der Erdachse bewirken könne. Durch Verwitterung und Gletscherwirkung ist dafür gesorgt, dass die Erde selbst bei der unregelmässigsten örtlichen Anhäufung von Stoff niemals über eine gewisse Höhe über das Meeresniveau steigen kann, und dass sie immer die Gestalt einer Kugel mit jener kleinen Abplattung an den Polen möglichst regelmässig beibehalten müsse. Die ins Meer geschwemmten Theile der Erde verlieren durch Versenkung ins Wasser des Meeres an ihrem Gewichte, und ein gleiches Volum Meerwasser, welches verdrängt wird, vertheilt sich über die ganze Erde als kugelförmige Schale. Dadurch wird die örtliche Schwerewirkung schon bedeutend vermindert. Bei den Erhebungen ist allerdings die umgekehrte Wirkung vorhanden, und das Gestein gewinnt das spec. Gewicht des Meerwassers. Nach den Berechnungen von Humboldt würde das Festland von Asien eine mittlere Höhe von 1000 Fuss haben, und die Masse des über die Meeresfläche erhobenen Landes etwa 44000 Kubikmeilen betragen. Diese ganze Masse würde nach Haedenkamp's Berechnung die freie Achse der Erde nur um den zehnten Theil einer Bogensecunde verändern. Da aber auf der entgegengesetzten Seite des Erdballs Amerika mit einer ähnlichen Masse über das Meer erhoben ist, so dürften sich beide Grössen bis zu einer unberechenbaren Kleinheit aufheben. Immer aber würden solche Ver-

*) Pogg. Annal. 90,342.

schiebungen durch den unvermeidlichen Wechsel von Meer und Land sich im Laufe der Zeiten wieder ausgleichen und die freie Achse der Erde unverändert bleiben.

Die Ortsveränderungen der Gebirge in horizontaler Richtung sind langsamer und unbedeutender als man glaubte. Die bergeversetzenden Urfluthen, die Cataclysmen, sind geschwunden. Die grössten Fluthen, die es je gegeben hat, sind nicht grösser gewesen, als sie heute noch bei dem Amazonenstrom, dem Mississippi, Ganges und dem Nil vorkommen. Betrachtet man die Veränderungen an dem rückbleibenden Lande, welche z. B. der Rhein bei dem Hochwasser von 1845, wobei er 28 Fuss hoch stieg, hervorbrachte, so waren sie im höchsten Grade unbedeutend, und nicht den geringsten Einfluss auf die Gestalt des Landes ausübend. Möge auch eine Tausendstel Kubikmeile Schlamm nach Holland und in das Meer geflötzt worden sein, auf den überschwemmten Stellen, in den Strassen der tiefliegenden Städte blieb eine 6 bis 8 Zoll hohe Schichte Schlamm liegen, die man mit Besen dem abziehenden Wasser nachfegte. Hier und dort wurden einige Fuss Land dem Ufer abgerissen und in Niederungen wieder abgesetzt. Da alle überirdischen Fluthen nur auf dem regelmässigen Wege des Regens, des Schneeschmelzens und des Gletscherschmelzens entstehen können, so belehrt uns die Erfahrung der Gegenwart, dass solche niemals zur Bildung oder Versetzung von Bergen hinreichen können. Unter diesen Hochwassern bleiben die Flussbette fast ungeändert; nur die Rollsteine bewegen sich vorwärts, runden sich ab, und ihr Detritus eilt niedern Gegenden zu. Wären die Flötzgebirge auf dem Wege der Wasserfluthen entstanden, so wären alle nur Thonschiefer, der wirklich und allein so entstanden ist. Ein Gebirge, dass aus reinem kohlensaurem Kalke bestände, könnte unmöglich daraus hervorgehen.

Die reinen marinen Kalkgebirge sind an Ort und Stelle in Bezug auf die Horizontale entstanden, wo sie sich noch vorfinden, dagegen in der Verticalen gehoben. Auch die Sandsteine scheinen, nachdem die Sandkörner durch Brandungen und Fluthen gesammelt und abgesetzt waren, an Ort und Stelle zu Felsen verwachsen zu sein. Die krystallinischen Gesteine werden langsam von unten nach oben hervorgedrängt, verändern aber in der Horizontalen ihre Stellung kaum, als dass sie unter Umständen Findlingsblöcke an Gletscher abgeben, welche im Weltmeer schwimmend forttralen, bis sie endlich durch Abschmelzen des Eises auf den Meeresgrund sinken.

Die Palaeontologie

oder Vorwesenkunde beschäftigt sich mit der naturgeschichtlichen Bestimmung und Classificirung jener Reste von Thieren und Pflanzen, welche in den Gesteinen der Erde vergraben, oder nur abgedrückt oder in Stein verwandelt gefunden werden. Sie ist ein besonderer Zweig der beschreibenden Naturkunde und sie liefert dem vergleichenden Anatomen, Physiologen und Botaniker den Stoff zu höheren Resultaten. Die Anwendung ihrer Funde auf die Geologie ist nicht Sache des Palaeontologen, sondern des Geologen selbst. In der Wirklichkeit werden aber die Resultate der Palaeontologie sehr wenig auf vergleichende Anatomie bezogen, sondern mit Hülfe einiger Fragesätze damit in der Geologie ein grosses Geschäft gemacht.

Von den Thieren finden sich nur die festen Gerüste, die Knochen oder die Schalen, von den Pflanzen die Stämme, Zweige, Blätter, zuweilen auch Blüthen und Früchte. Sehr selten finden sich alle zu einem Individuum gehörigen Stücke beisammen, sondern meistens nur Bruchstücke, aus denen man nach Analogie noch lebender Wesen das Fehlende zu ergänzen gesucht hat.

Die Bedeutung der Palaeontologie für die Geologie wird vielfach überschätzt, indem man Schlüsse darauf baut, zu denen der blose Fund nicht berechtigt. Findet man z. B. einen palmenartigen Baum in einer schlesischen oder böhmischen Steinkohle, so ist eigentlich nichts sicher, als dass das Leben und Absterben dieses Baumes gleichzeitig mit der Bildung des Steinkohlenflötzes war. Ob dieser Baum an Ort und Stelle gewachsen ist, ob das Klima jenes Landes dies damals gestattet habe, ist eine Frage, welche den Palaeontologen nichts angeht, und zu deren Lösung man mit der genauesten Erforschung des Baumes nicht gelangen kann. Findet sich in einem Kalkstein eine Muschel, so ist auch hier nur die Gleichzeitigkeit der Muschel mit dieser Kalkbildung gegeben; findet sich aber dieselbe Muschel in einem entfernt liegenden Kalkstein, so ist die Frage nach dem Altersverhältniss der beiden Kalkbildungen schon schwieriger. Behauptet man daraus die Gleichzeitigkeit beider Kalkbildungen, so hat man schon dadurch einen Satz ausgesprochen, nämlich, dass die Muschel nicht länger, als die Bildung dieses Kalksteins dauerte, existirt haben könnte. Es konnte ja auch der Fall stattfinden, dass ein solches Wesen von grosser Constanz mehrere Kalkbildungen hintereinander und an verschiedenen Stellen der Erde durchmachte, wo dann die Gleichzeitigkeit beider Kalkbildungen nicht stattfände. In der Regel hält man den Satz fest, dass gleiche Thiereinschlüsse gleichzeitige Bildungen bedingten. Im Allgemeinen ist die Wahrscheinlichkeit für diesen Satz. Weit zweifelhafter ist aber der entgegenstehende Satz, dass ungleiche Thierformen ungleiche Zeiten

der Bildung bedinge. Die heutige Erde spricht dagegen. Die ungleichsten Thierformen entstehen jetzt gleichzeitig auf der Erde. Die Riesenmuschel, die Koralle, die Auster, der mikroscopische Wurzelfüssler bilden sich jede an ihrer natürlichen Stelle aus, und dennoch sind diese Bildungen gleichzeitig. Da tritt die Palaeontologie ein, und beweist, dass gewisse Thierformen fast über die ganze Erde verbreitet seien, und der Geologe zieht daraus den Schluss, dass früher die ganze Erde eine gleichmässige Temperatur gehabt haben müsse. Wir haben diese Frage von Seiten der physikalischen Geographie bereits bei der Steinkohle besprochen.

Dass diese Thiere nicht sollten im Laufe der Zeiten sich verschiedenen Klimaten anpassen können, kann nicht verneint werden. Wir haben jetzt Thier- und Pflanzenspecies, welche eine ungeheure Verbreitung unter sehr verschiedenen Klimaten besitzen. Wir glauben, dass die Lepidodendren der Kohlenflötze einem tropischen Lande entstammen, wegen der Aehnlichkeit des Schaftes mit gewissen jetzt lebenden Pflanzen. Eben so sind wir gewohnt, für Fichten und Tannen ein kaltes Klima in Anspruch zu nehmen, und doch würde ein vergrabener Cedernbaum aus der Aehnlichkeit des Holzgefüges mit nordischen Fichten nicht zu dem Schlusse berechtigen, dass die Gegenden des Libanon einst die Temperatur von Norddeutschland gehabt hätten. Mit solchen Schlüssen kann man nicht vorsichtig genug sein. Das Auffinden von Mammuthknochen in hohen Breiten bestätigte die Ansicht von der früheren hohen Temperatur der Erde, da jetzt der Elephant nur in warmen Gegenden lebt. Als man aber ein in Eis eingefrornes Thier mit einem 10 Zoll langen Pelze fand, verlor diese Ansicht wieder allen Halt. Damit ist es denn auch wieder wahrscheinlich geworden, dass die Rhinoceroten, Hyänen und andere jetzt nur in warmen Gegenden vorkommenden Thiere an den Orten, wo sich jetzt ihre Knochen finden, bei dem heutigen Klima einheimisch gewesen sein können. Sonach können wir aus den aufgefundenen Thierresten kaum einen sicheren Schluss auf ein früheres Klima machen. Dass es bei Pflanzen und Bäumen noch weniger der Fall sei, weil deren Reste schwimmend weit getragen werden können, ist bereits entwickelt worden.

Eine andere Schlussfolgerung, die man häufig machte, ist die: darin, also daraus entstanden. Man erkennt in der Steinkohle einen Stamm, und schliesst, dass die Steinkohle aus Holzstämmen entstanden sei. Die Unrichtigkeit dieses Schlusses ist schon oben nachgewiesen worden.

Im Allgemeinen ist der Schluss viel richtiger, dass einzelne erkennbare Wesen in einem Steingebilde nur zufällig vorhanden sind, und zur Masse des Gebildes nichts beitragen, als dass man das Ganze sich daraus entstanden denkt. Auf diese Frage ist schon bei Kalk und Steinkohle näher eingegangen worden. Die Beobachtung, die ganz richtig war, hat zu einem falschen Schlusse geführt. Zur Geologie der

Kalkbildung hat uns die Palaeontologie nichts gelehrt, als dass Ehrenberg in der Kreide Foraminiferen nachgewiesen hat. Eine Erklärung des ganzen Vorganges konnte durch Beschreibung von Schalthieren nicht erlangt werden, und somit bleibt die genaue Beschreibung der zahlreichen Thiere in den Kalksteinen, ausser dem was sie dem Zoologen darbietet, für die Geologie ganz unfruchtbar. Beim Kalk bestehen die Thierreste aus demselben Stoffe mit dem Gesteine; bei Thonschiefer und Sandstein aber nicht, und sie sind deshalb auch grösstentheils verschwunden und haben hier nur ihre Abdrücke zurückgelassen.

Das wichtigste Resultat der Palaeontologie, wogegen sich aber noch viele sträuben, ist die vollständige Bestätigung der Lamark-Darwin'schen Ansicht über den Artenwechsel. Alle Thiere und Pflanzen aus älteren Bildungen sind verschwunden, und von den jetzt existirenden ist keins in jenen Bildungen aufgefunden worden. Die Erklärung dieser Erscheinung durch ungeheure Fluthen und Umwälzungen war aber eine Uebereilung, deren sich die Geologen schuldig machten, so dass die blose Beobachtung wieder zu keinem sichern Resultate geführt hat. Mit der Theorie vom Artenwechsel ist nothwendig die Thatsache verbunden, dass in der Zeit weit auseinander liegende Bildungen ungleiche Thierformen einschliessen müssen. Es ist also ganz natürlich, dass wir im ältesten dichten Kalkstein, dem Jura, der Kreide ganz von den heutigen abweichenden Thierformen begegnen müssen. Die Palaeontologie bestätigt dies, und dies ist das Resultat der zahlreichen genauen Erforschungen der Thierreste. Steht einmal dies Resultat fest, so bieten uns die Beschreibungen fast kein anderes Intresse mehr dar, als jenes, welches die seltsamen Gestalten für sich erregen, und welches man aus naturhistorischem Intresse daran knüpfen kann, über die Lebensart, die Nahrung, den Aufenthalt derselben was sich selbstverständlich nur in Vermuthungen bewegt. In dem Erkennen eines Thieres aus einzelnen Gliedern, Knochen, ja Zähnen hat man Grosses geleistet, was jedoch für die Geologie selten Verwendung findet.

Ein anderer gangbarer Schluss besteht darin, dass in den ältesten Zeiten die unvollkommensten Thiere gelebt hätten, und dass mit jeder späteren Formation immer höhere, ausgebildetere Thiere aufgetreten seien. Dies wird dadurch bewiesen, dass in den Urgebirgen gar keine Thierreste, im Thonschiefer sehr niedrige und so aufsteigend bis zu den warmblütigen Landthieren und bis zum Menschen immer vollendetere gebildet worden seien. Es ist nun von vorn herein einleuchtend, dass die ewige Umformung der Erde durch Zerstörung und Neubildung der Gesteine auch die Vernichtung der Thierformen nach sich ziehen müsse. Dass sich im Granit und Dolerit keine Thierformen mehr finden, erklären wir jetzt nicht mehr mit der Feuerflüssigkeit dieser Gesteine, sondern aus ihrer Entstehung aus wässrigen Lösungen in grosser Tiefe. Es finden sich ja auch keine Thierformen im Kalkspath, im krystallinisch körnigen Kalke, im Gyps, im Schwerspath, kurz in allen Krystallen

nicht. Diese Form der Bildung schliesst an sich jede Thierform aus, und wenn der Thierrest aus demselben Stoffe bestand, so wurde er durch Lösung zerstört und in neuer Form abgesetzt. Verwandeln sich Schalthierreste in Kalkspath oder grobkrystallinischen Kalk, so ist damit jede Lebensform untergegangen. Durch metamorphosirende Infiltration von Kieselerde in Kalk muss ebenfalls die Form des Thieres verschwinden, und es kommen kaum einzelne Fälle von Erhaltung vor. Der bekannte Fund eines Homalonotus*) im Porphyr am Steimel mit 11 gewölbten Rippen des Schwanzschildes gehört hierhin. Das Gestein ist offenbar metamorphischer Natur, durch Infiltration von Silicaten in Kalk entstanden. Die geologischen Folgerungen sind dieselben, wenn man den Fund mit Bestimmtheit als Thier, gleichgültig welches, erkannt hätte.

Dass die ältesten Sedimentgesteine, Thonschiefer und Sandstein, wenig Thierreste enthalten, erklärt sich durch ihre Entstehung aus Schlamm und Sand. Sie sind offenbar weniger günstig gestellt als der Kalk, der ganz und gar nur aus Thieren besteht. Auf einer in jedem Jahre sich von Neuem absenkenden Schlammschichte können Seethiere keinen Aufenthalt und keine Nahrung finden. Es ist bekannt, wie manche Korallen nur im reinsten Wasser leben, und schon bei der geringsten Trübung durch Flussschlamm ausgehen. Eben so einleuchtend ist, dass Landthiere im gewöhnlichen Laufe der Dinge nicht ins Meer gerathen, und man kann aus ihrer Abwesenheit in Meeresbildungen nicht auf ihre Nichtexistenz schliessen. Die sterbenden Thiere ziehen sich in eine Höhle oder ein Dickicht zurück, wo sie verenden und dem Kreislauf wieder anheim fallen. Es werden sich also die Landthierreste nur in wirklichen Landbildungen vorfinden, und diese sind lediglich der Detritus der Gebirge als Schutt, Dammerde, Lös. Ein in unsern Wäldern verendender Hirsch oder Eber hat geringe Aussicht, als Skelett in der Erde erhalten zu bleiben. Raubthiere, Raben zerfleischen die Leiche, die Knochen fallen auseinander, werden von Laub und Erde bedeckt und kehren durch Auflösung gestaltlos in den Boden zurück. Welche Mengen von Zufälligkeiten gehören dazu, dass die Knochen eines Elephanten, eines Dinotheriums beisammen bleiben und so verschüttet werden, dass sie sich erhalten können? Wir dürfen deshalb weniger die Seltenheit, als vielmehr die Häufigkeit solcher Vorkommen anstaunen, noch weniger aber den Umstand, dass wir keine Landthierreste im Kalke oder andern Meeresbildungen finden. Das Vorkommen eines geflügelten Landthieres, des Pterodactylus, im Solenhofener lithographischen Stein (Jurakalk), ist ein merkwürdiger Zufall. Die Leiche des Thieres muss von einem Flusse weit ins Meer hinausgetrieben worden sein, um im Kalk zu versinken. In später auftretenden Kalkbildungen wird man vielleicht Dampfschiffe finden. An der Stelle der Saurier wird man

*) v. Dechen im Archiv für Mineralogie Bd. 19, S. 419 u. 420.

später die Leiber der Krokodile, Kaimane und Gaviale finden, und dabei wird es zufällig sein, ob sie im Thonschiefer oder im Kalkstein von heutiger Bildung liegen. Dass aber auch die heutige Erde noch Thiere der niedrigsten Bildung ernährt, sehen wir an unzähligen Meeresgeschöpfen. Die Vorwesen älterer Bildungen waren meistens grösser als die entsprechenden von heute. Jedoch ein gewaltigeres Thier als den Wal finden wir nicht in der Erde.

Im Allgemeinen hat die Palaeontologie durch die neuere Gestaltung der Wissenschaft viel von ihrer Bedeutung verloren, nachdem die Zeit als geologisches Unterscheidungsmerkmal so sehr im Werthe gesunken ist. So lange eine Formation nur einmal vorkam und dann die ganze Erde bedeckte, war es von grosser Wichtigkeit, die Reihenfolge der Bildungen festzustellen. Da wir aber jetzt wissen, dass alle Bildungen vom Granit bis zur Dammerde zu allen Zeiten und gleichzeitig stattgefunden haben und noch stattfinden, so hört die Zeit auf, eine besondere Wichtigkeit zu haben. Etwas, was immer ist, hat keine Zeit.

Auch ist eine Zeitbestimmung für ein und dasselbe Gestein eine höchst unsichere Sache. Wann fängt eine Kalkbildung, ein Thonschieferabsatz an, und wann hört er auf? Zu allen Meeresbildungen gehören zwei ungeheuer lange Zeiträume: einer der Absetzung des Stoffs im Meere, und einer der Erhärtung zu Gestein auf dem Festlande. Dass der Sand im Meere niemals zu Fels geworden ist, sehen wir aus der verschiedenen Natur seines Bindemittels. Vom Thonschiefer und Kalk können wir auch mit grosser Wahrscheinlichkeit dasselbe annehmen. Welches ist nun die Zeit ihrer Bildung, der Absatz oder die Erhärtung? Beweglichen Sand nennen wir nicht Sandstein.

In welchem Altersverhältniss steht das jetzt sich im todten Meere oder Eltonsee absetzende Steinsalz zu den Korallenbänken der Südsee, zu den wachsenden Graniten Norwegens oder zu den Steinkohlenablagerungen im atlantischen Ozean? Offenbar in keinem bestimmten, denn man kann nicht wissen, welche Bildung früher begonnen hat und länger dauern wird. Von einem vergleichbaren Alter kann nicht die Rede sein, wenn die Bildungen sich nicht überlagern.

Uebrigens kommt es in keinem Theile der beschreibenden Naturwissenschaften so häufig vor, als gerade in der Palaeontologie, dass Jemand mit gieriger Hand nach Schätzen gräbt, und froh ist, wenn er Regenwürmer findet.

Ueber die Ursachen des Artenwechsels.

Ein unzweifelhaftes Zeugniss, dass die Beschaffenheit der Thiere und Pflanzen gewechselt haben, gibt uns das Studium der Vorwesen. Ganz sicher existirt kein Dinotherium, kein Ichthyosauros, kein Lepidodendron, kein Kalamit mehr auf unserer Erde. Wollen wir den Grund dieser Erscheinung finden, so müssen wir erst die jetzige Erde beobachten, ob darauf nicht ähnliche Erscheinungen vorkommen, die blos durch die Kürze der Zeit unserer Beobachtungen etwas magerer ausfallen dürften.

Es liegen eine Menge Beweise vor, dass Wechsel der äusseren Lebensbedingungen tief eingreifende Veränderungen in der Körperbeschaffenheit der Thiere und Pflanzen bewirkt. Wir finden nahe verwandte Thiere in weit von einander liegenden Gegenden körperlich so verschieden, dass man sie als verschiedene Arten aufgestellt hat. So wird der Ceylonische und der Africanische Elephant, das ein- und zweihöckrige Kameel, die Antilopen verschiedener Länder, das einhörnige oder asiatische, und das zweihörnige oder afrikanische Nashorn, das Krokodil Afrikas und der Kaiman Americas unterschieden, da sich auch wirkliche Unterschiede auffinden lassen. Es ist aber auch sehr möglich, dass diese Thiere von je einer Art abstammen, und sich nur in den ungleichen Verhältnissen anders ausgebildet haben. Australien, ein Land, welches in Bezug auf Klima, auf Flüsse, auf Trockenheit der Luft von allen Ländern der Welt abweicht, hat auch eine besondere Flora und Fauna. Kein Lastthier, kein Hausthier, kein milchgebendes Thier, kein Singvogel findet sich vor, dagegen das Känguruh (Didelphis), die Känguruhratte (Hypsiprymuus), das australische Opossum (Phalangista), der Wombat (Amblotis), das Schnabelthier (Ornithorhynchus), der Vampyr, der Manati und andere abentheuerliche Gestalten. Die Bäume haben keine grüne, sondern mattweisse schmale Blätter, welche keinen Schatten geben, und sind nebenbei mit Stacheln versehen. Alles ist wie zum Nachtheile des Menschen gemacht, daher auch der armselige Urzustand des Neuholländers, des Tasmaniers. Gerade so sticht auch die unwirthbare arme Nordküste von Neuholland gegen das gegenüber liegende, einem Garten gleichende Timor ab. In Südamerica sind fast alle Thierspecies kleiner als die parallelen Arten der alten Welt; der Kaiman ist kleiner als das Krokodil, der Puma gegen den Löwen, der Strauss gegen den afrikanischen, der Jaguar gegen den Tiger, die Unze gegen den Panther. Auch dies muss natürlichen Ursachen und Wirkungen zugeschrieben werden.

Viele Veränderungen sind auch schon mit Sicherheit wahrgenommen worden. Die Säugethiere in Syrien und Persien zeichnen sich durch langes, weiches Haar aus, und die dorthin acclimatisirten Thiere haben

ähnliches angenommen. Auf Korsika werden die verschiedensten Thiere, Hunde und Pferde, gefleckt. Die zur Wollzucht aus Spanien nach Paraguay verpflanzten Schaafe sind vollkommen ausgeartet und haben kurze, rauhe Wolle bekommen. Die dorthin vor 300 Jahren eingeführten Hauskatzen sind um ein Viertel kleiner, schmächtig, zartgliedrig und zeigen gegen frisch eingeführte Katzen eine Abneigung, sich mit ihnen zu begatten. Die Schweine haben auf Kuba eine doppelte Körpermasse gegen die eingeführten europäischen angenommen, aufrecht stehende Ohren und schwarze Borsten bekommen. Auf Kubagua erhielten sie ungewöhnlich lange Klauen.

Im Winter bedecken sich in unsern Klimaten alle Thiere mit einem dickeren Pelze als im Sommer. Der Alpenhase des äussersten Nordens hat seinen Winterpelz das ganze Jahr hindurch, der lappländische 10 Monate, der norwegische 8 bis 9 Monate, im mittleren Deutschland 5 bis 6 Monate. Unter den Tropen gibt es keinen Winterpelz mehr, weil es keinen Winter gibt. Thiere nach südlichen Gegenden verpflanzt verlieren die Dicke des Pelzes, in nördlichern gewinnen sie ihn. Das Mammuth hatte einen doppelten, über 10 Zoll langen Pelz, und sein Abkömmling, der Elephant, hat in Ceylon die Haare fast ganz verloren. Die ächten Pelzthiere finden sich in Sibirien und am Kupferminenfluss, während der Süden schwachbehaarte und nackte Thiere erzeugt. Es ist demnach klar, dass die Kälte das Wachsthum der Haare in einer nothwendigen Weise befördert, und dass man darin einen ursachlichen Zusammenhang finden muss.

Kännten wir die Wirkung der Kälte auf die haarbildenden Organe der Haut, so würden wir wahrscheinlich einsehen, warum die Kälte das Wachsthum der Haare befördert. Aber einleuchtend ist auch, dass, wenn die Temperatur des Klimas sich ändert, auch der Pelz der Thiere und ihr ganzes Leben sich mit ändern müsse, weil eine veränderte Temperatur auch andere Pflanzen als Nahrung bedingt. Dass in langedauernden Zeiträumen sich Pflanzen und Thiere nach den klimatischen Verhältnissen eines Landes richten und gleichsam eine getrennte Schöpfung darstellen, beweisen unter andern auch die Galopagosinseln in der Südsee. Andersson berichtet, S. 110 der Reise der Fregatte Eugenie: Unter 26 Landvögeln werden 25 nur hier und sonst nirgends angetroffen. Die Schildkröten und grossen Otternarten sind ganz eigenthümlich; von 15 Fischen gehören sämmtliche neuen Arten an; von 16 Landmuscheln sind 14 auf diese Inseln beschränkt; von 90 Seemuscheln sind 47 fast überall sonst unbekannt und alle Insecten, vielleicht mit Ausnahme von 3, sind gleichfalls neue Arten.

Dass ein ähnlicher Einfluss auch bei den Pflanzen vorkomme, bedarf kaum eines Beweises. Wir sehen es an dem Verkümmern jener Pflanzen, welche aus südlicheren Gegenden bei uns angebaut worden sind, dass Pflanzen auf dürrem Boden Haare bekommen, die sie an feuchteren Stellen wieder verlieren.

Demnach kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die körperliche Beschaffenheit der lebenden Wesen von den äusseren Bedingungen abhängig ist, und dass mit der Veränderung dieser auch die ersteren wechseln müssen. Solche äussere Bedingungen sind vor allem die mittlere Wärme des Jahres, die mittlere Wärme des Sommers und Winters für sich allein, die Feuchtigkeit der Luft, die Nähe des Meeres, Vorhandensein grosser Ströme und nahe liegender Hintergebirge und deren chemische Beschaffenheit, ob sie Mineralbestandtheile für Pflanzen erhalten, Summe des Regens auf das Jahr und seine Vertheilung, vorwaltende Windesrichtung, östliche oder westliche Lage zu einem grossen Continent, ob näher zum Aequator hin viel Land oder viel Meer vorhanden sei, Temperatur des Meerwassers durch Strömungen und noch viele andere Beziehungen, die man kaum alle aufzählen kann. Die Frage entsteht nun, durch welche Ereignisse alle diese Beziehungen geändert werden können. Wir haben keinen Grund, dieselben in kosmischen Ursachen zu suchen. Es sind nicht die geringsten Anzeichen vorhanden, dass die Intensität des Sonnenlichtes einer Veränderung unterworfen gewesen sei, dass die Erdachse ihre Neigung gegen ihre Bahn verändert habe, dass die Erde ihre Entfernung von der Sonne geändert habe, dass die Umlaufszeit der Erde nach Jahr und Tag die geringste Veränderung seit den fernsten Zeiten erlitten habe oder in der Zukunft erleiden werde. Die einzigen bis jetzt denkbaren Ursachen zu einer Veränderung in den kosmischen Beziehungen der Erde wäre eine langsam zunehmende Masse der Erde durch Aërolithen, und eine Verminderung ihrer Flugkraft durch den Widerstand des nicht absolut leeren Weltraumes, welcher noch Materie genug enthält, um Licht, Wärme und Schwerkraft zu vermitteln. Allein diese Wirkungen sind noch nicht bemerkt worden und stellen sich auch in der Betrachtung als so geringfügig heraus, dass man von ihrer ferneren Inbetrachtnahme absehen kann. Dass sie aber im Laufe der Zeit ganz ohne Wirkung bleiben werden, ist nicht anzunehmen.

Wir sind deshalb lediglich auf solche Veränderungen angewiesen, welche auf unserer Erde noch stattfinden können, und von denen man mit Bestimmtheit beweisen kann, dass sie schon stattgefunden haben. Diese Veränderungen bestehen in dem nie aufhörenden Wechsel zwischen Land und Meer, welcher durch die Wirkung des Wassers, der Luft, der Kohlensäure, des Lichtes und der Wärme ewig stattfinden muss. Die Ursachen sind bei den einzelnen Gebilden der Erde näher beleuchtet worden, und wir können hier nur die allgemeinen Resultate ins Gedächtniss zurückrufen.

Auf der Erde findet sich kein Quadratfuss Land, von dem man nicht bestimmt nachweisen könne, dass er einmal unter Wasser gewesen sei. Die Steinsalzlager finden sich in allen Ländern vertheilt; sie füllen die ganze mittelasiatische Ebene und die grossen Wüsten von Afrika. Die Granitfindlinge liegen tief in der Erde, wohin sie nur durch Meere

gebracht werden konnten, von Finnland bis Holland; die Steinkohlen, ächte Meereskinder, liegen zerstreut auf dem Festlande, oft hoch mit Gestein und Erde überschüttet; die Kalkgebirge ragen bis zu den höchsten Spitzen auf, und tragen noch die Gestalten der Meeresbewohner in deutlichen Formen, und die krystallinischen Gesteine können an den Stellen, die sie jetzt einnehmen, nicht entstanden sein, sondern sind noch im Wachsen von unten und in Verwitterung von oben begriffen.

Die afrikanische Wüste ist ein Meeresboden, wie ihr Salzgehalt, ihre Muscheln beweisen, und für America gelten dieselben Betrachtungen. Wenn demnach alles jetzige Festland einmal unter Meer stand, so mussten andere Theile des Meeres Festland und Vertheilung von Land und Meer eine ganz andere gewesen sein, als jetzt. Vielleicht war im stillen Ocean ein grosses Festland, welches langsam ins Meer gesunken ist. Viele Atholle sind die Kränze von 6000 bis 7000 Fuss hohen Korallenfelsen, während die Koralle nur etwa 200 Fuss unter der Meeresoberfläche noch lebend bleibt. Es müssen also hier Senkungen langsam stattgefunden haben, während welcher die Koralle immer wieder bis an den Spiegel des Meeres wachsen konnte. Zusammenhängende Inselketten wie die Aleuten, die Kurilen, die kleinen Antillen, Sumatra, Java, Flores, Timor sind unbezweifelt die Reste zusammenhängender Gebirgsketten, die einst über dem Meere emporragten. Ceylon hing einst durch eine Landenge mit der Spitze von Vorderindien zusammen, die man noch durch das Senkblei entdecken kann. Die Gegenwart des Elephant bestätigt dies. Sollten sich die jetzigen Festländer einst wieder in die Tiefe des Meeres senken, so würden die höchsten Spitzen der Anden, der Kiölen, der Pyrenäen, der Alpen, der Karpathen ähnliche Inselgruppen bilden. Ebenso mögen die zahlreichen Inseln des stillen Oceans nur die Hochgipfel ausgedehnter Festländer gewesen sein. Die Erforschung des Meeresbodens ist uns aber vollständig versagt, und wir würden auch darauf weniger die Spuren der alten Gebirge, als die Neubildungen des Meeres in Kalk und Pflanzenablagerungen finden. Ehe aber solche grosse Veränderungen vollendet sind, haben bereits kleinere ununterbrochen gewirkt. Eine Senkung des Meeresbodens, die wir nicht wahrnehmen können, kann das Klima ganzer Länder verändern. Grönland ist unbezweifelt eine Insel. Obgleich es noch nicht umfahren ist, kann man doch aus dem Hervortreten der schwimmenden Eisberge aus der Baffinsbai schliessen, das diese Bai nach oben mit dem Polarmeere in Verbindung steht. Angenommen, der Meeresboden in der Baffinsbai senke sich und es werde dadurch der Querschnitt des Meeres vergrössert, so wird eine grössere Menge Wasser und Eisberge durch die Davisstrasse zwischen Labrador und Grönland austreten können, welches Wasser durch den Golfstrom, dessen Strömung bis über Spitzbergen hin verfolgt ist, oben um Grönland herum wieder zufliessen kann. Die nothwendige Folge davon würde sein, dass sich das Klima der Küstenländer von Nordamerica verschlechtern müsse, weil dieser kalte Strom

nothwendig an den Küsten herabfliessen muss, da ihn der nach Norden gerichtete Golfstrom zurückdrängt. Nun würde kein menschliches Auge eine solche Senkung des Meeresbodens jemals wahrnehmen können, und Tiefenmessungen würden auch zu keinem Resultate führen, weil man auf offenem Meer niemals sicher sein kann, an derselben Stelle zu messen, und auch jene Stellen des Meeres sehr selten vor Eis zugänglich sind. Es hat aber Grönland schon seit der geschichtlichen Zeit eine Verschlimmerung seines Klimas erfahren, und es ist weit zulässiger, anzunehmen, dass dies von einer Einsenkung des Meeresbodens in der Baffinsbai herrühre, als dass man eine allgemeine Abnahme der Sonnenwärme voraussetzte, wie dies geschehen ist.

Wäre man umgekehrt im Stande, die Baffinsbai vollkommen abzuschliessen und durch ein Gebirge zu verlegen, so würde hier kein Polarmeerwasser mehr austreten können; der Golfstrom würde nicht mehr Jan Mayen und Spitzbergen erreichen, er würde sich bei Island oder Norwegen stauen, und diese Länder müssten offenbar ein kälteres Klima erhalten, so wie New-York ein wärmeres Seeklima erhalten müsste.

Wenn einst der atlantische Ocean durch ein von Neufundland nach den Azoren reichende Gebirgskette gesperrt war, so erreichte der Golfstrom nicht die Küsten von Europa, und dieses musste viel kälter gewesen sein; und weil nun Zeugnisse einer grösseren Kälte in Norwegen und England wirklich vorhanden sind, indem die Gletscherschliffe bis zu Stellen herabreichen, welche jetzt kein Gletschereis mehr erreicht, so kann man mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit annehmen, dass eine solche Sperrung des atlantischen Meeres einst vorhanden gewesen sei. In ganz gleicher Weise ist Europa begünstigt durch die Gegenwart von Afrika. Die in seinen grossen pflanzenleeren Wüsten erzeugte Wärme strömt als Scirocco und Föhn über Europa, bringt mitten im Winter den Schnee zum Schmelzen, und verschafft dem Süden von Europa ein Klima, welches in America erst 20 Grad südlicher zu finden ist. Natürlich musste mit der zunehmenden Veränderung des Klimas auch die Natur aller lebenden Wesen sich verändern, und es ist kaum zu bezweifeln, dass Europa gerade diesem günstigen Verhältnisse seine frühe und hohe Culturstufe zu verdanken habe, die seine Völker angenommen haben. Mildes Klima, ohne übermässige Hitze und Kälte, ist die günstigste Bedingung für die höhere Fortbildung des Menschen. In der brennenden und starrenden Zone verkümmert er.

Die günstige Lage Europas hängt aber auch mit der Gestaltung des Festlandes von Südamerica aufs innigste zusammen. Der Gürtel der Calmen liegt vom 4. bis zum 10.° nördlicher Breite. Der nördlich von den Calmen blasende Ostpassatwind treibt das Wasser des atlantischen Oceans auf die schiefe Ebene von Südamerica, gegen die Guayanas und Venezuela hin. Der von Süden kommende Ostpassat streicht bis über den Aequator an die Region der Calmen, die mit dem 4.° N. B. beginnen.

Er treibt das Wasser aus der Bucht von Guinea östlich auf diese schiefe Ebene von Südamerica. Durch den Stoss der beiden Passate bewegt sich das Meerwasser zwischen den kleinen Antillen hindurch in den mexicanischen Meerbusen und treibt durch die Bahamastrasse an der Spitze von Florida vorbei als Golfstrom rückwärts in das atlantische Meer. Auf dieser Breite erreicht schon der rückkehrende Passat als Südwestwind die untern Schichten der Atmosphäre und treibt das warme Wasser des mexicanischen Meerbusens östlich nach Europa hin. Da aber immer neue Wassermengen nachdrängen, so muss der Golfstrom nach Norden ausweichen und bringt dadurch die Wärme des Südens bis hoch in den Norden hinauf. In Bergen in Norwegen friert das Meer niemals zu auf der Breite von Island und Grönland

Wäre die Gestalt von Südamerica und Afrika eine andere, dass etwa das Cap St. Roque unter dem 15⁰ N. B. läge und die Bucht von Guinea um 10 Grade südlicher, so würde das vom Passatwinde östlich getriebene Wasser der Atlantis auf die untere schiefe Ebene von Pernambuco, Bahia und Rio Janeiro stossen und nach dem Südpole ausweichen. Damit müsste Europa bedeutend erkalten und Südamerica viel wärmer werden. Man sieht aus diesem einen Beispiel, wie vielerlei Verhältnisse das Klima eines Landes und die Natur seiner Einwohner bedingen. Jede bedeutende Veränderung in der Gestalt von Südamerica, in der Tiefe der Baffinsbai, in Vermehrung oder Verminderung des Golfstroms muss den grössten Einfluss auf das Klima von Europa ausüben.

Es liegt nun ausser allem Zweifel, dass, wenn solche Veränderungen mit der Zeit langsam eintreten, auch ein entsprechender Artenwechsel seiner Thiere allmälig Platz greifen musste, und da wir des ewigen Wechsels von Land und Meer sicher sind, rückwärts und vorwärts, so können wir uns dadurch vollständig den durch die Vorwesenkunde nachgewiesenen Wechsel alles Lebens erklären.

Wir sehen darin nichts als natürliche Ursachen und Wirkungen, welche erst nach sehr langen Zeiträumen sichtbar werden.

Die Geschichte der Wissenschaft in Betreff des Artenwechsels zeigt uns, dass zuerst Linné, welcher durch sehr genaue Beschreibung der lebenden Reiche eine gewisse Ordnung, ein System in die grosse Anzahl von Formen brachte, einen sehr hohen Werth auf die äussern Merkmale legte, weil es ihm gelungen war, auf diese gestützt seinen Ruhm zu gründen. Die scharfe Trennung der Species und ihre Selbstständigkeit wurde zum Dogma erhoben.

Später zeigte Lamarck, dass im Thierreiche ein einheitlicher Fortbildungsplan ausgeprägt sei, verschieden von einem andern, welcher dem Pflanzenreich zu Grunde liege. Er betrachtete die jetzige Thierwelt als hervorgegangen aus der Fortbildung vorweltlicher Thiere, deren Knochengerüst ihre Gestalt und Lebensweise erkennen lässt, wie ihre Ordnung im Thierreiche. Er nahm dabei die Urzeugung an für die niedrigsten Formen, die aus einer belebten Schleimzelle bestehenden

Wesen, welche nach seiner Ansicht sich noch jetzt in Gewässern und Sümpfen bilden könnten. Alle höheren Formen erklärte er für Fortbildungen jener Urwesen. Die Entwicklung und Umgestaltung der Thiere deutete er als die Folge der Anbequemung des Thierreichs an seine Umgebung und deren Einflüsse auf sein Leben.

Geoffroy St. Hilaire führte 1828 Lamarck's Ansichten weiter aus, wobei er den Veränderungen der Luft eine grössere Bedeutung beilegte. Er wiederholte, dass jede Art feststehe, so lange sie sich bei unveränderten Lebensbedingungen fortpflanze; sobald aber diese wechseln, ändere sich die Art.

Der bedeutendste Gegner dieser neuen Lehre wurde Cuvier, indem er die durch seinen Scharfsinn bedingte Trennung der Thierarten als feststehende Scheidungen erklärte, und für jede Art nur Aenderungen innerhalb bleibender Gränzen gelten lassen wollte, so dass niemals Uebergänge aus einer Art in die andere möglich seien. Den Untergang ehemaliger Arten erklärte er aus stattgehabten Umwälzungen der Erdoberfläche, bei welchen das Meer über weite Strecken der Erde geströmt sei und deren Thiere zerstört habe, mit Ausnahme derer, welche in höheren Gegenden sich befanden Es sind dies also etwas moderirte Sündfluthen. Er legte besonderes Gewicht darauf, dass nirgends in den gegenwärtigen und vorweltlichen Thieren ein Uebergangswesen von einer Art zur andern zu entdecken sei, dass also zu allen Zeiten die Arten als feststehende und gegen einander scharf begränzte sich erwiesen, ohne Vermittlung und Verbindung. Endlich erklärte er den Menschen als die letzte Bildung, die mit keiner der untergegangenen gleichzeitig gelebt habe. Betrachten wir den jetzigen Verlauf der Wissenschaft, so sind alle Behauptungen Cuvier's, worauf er seinen Ruhm gründete, und die man als Zeugnisse seines Genius ansehen könnte, vollständig vor den Thatsachen der neueren Entdeckungen geschwunden, und nur die Resultate seines Fleisses sind übrig geblieben. Wenn Solon sagte, dass man einen Menschen nicht vor seinem Tode glücklich preissen könne, so muss man von einem Naturforscher sagen, dass man ihn erst hundert Jahre nach seinem Tode für gross erklären könne. Wer hat bei Lebzeiten grösseren Ruhm genossen, als Humboldt, Buch und Cuvier, und wo ist schon nach 10 bis 30 Jahren nach ihrem Tode weniger übrig geblieben? Geistreich ist nur, was wahr ist, und keine Phantasie ist so erhaben, so wahrhaft poetisch, als die wirkliche nackte Natur.

Cuvier war nicht Geologe genug, um die herrschenden Ansichten unterstützen oder bekämpfen zu können. Da ihm die Chemie fern lag, so hatte er gar nicht die Mittel, um die Richtigkeit der Ansichten über die Natur der Granite und Laven zu prüfen, und weil ihm dieselben bequem waren, und seine eigne Meinungen über die Neuschöpfungen zu unterstützen schienen, so nahm er die Lehre von den gewaltsamen Umwälzungen der Erde bereitwillig an, und formulirte sie in seinem Discours préliminaire rückhaltloser und schroffer, als irgend ein anderer

Geologe seiner Zeit, zumal da er dadurch nicht die geringste Verantwortlichkeit über die Richtigkeit dieser Ansichten übernahm. „Diese Eruptionen, diese wiederholten Rückzüge sind nicht langsam oder stufenweise vor sich gegangen, sondern der grösste Theil der Katastrophen, die sie herbeiführten, trat plötzlich ein.“ Einen Beweis, dass Revolutionen vor der Existenz lebender Wesen schon stattgefunden haben, findet er darin, dass man bei Ersteigung der Alpen in bedeutender Höhe diejenigen Gebirge verliert, welche Conchylien enthalten, und dass zuletzt der höchste Gipfel als das „berühmte Ur- oder Primordialgebirge“ erscheint, während man umgekehrt daraus schliessen muss, dass die Erhebung der Alpen später, als die Bildung der anlehnenden Kalkgebirge stattgefunden haben musste, weil diese nicht an jener Stelle sich bilden konnten. Die heute auf der Erde vorkommenden Veränderungen hält er nicht für genügend, jene vormaligen Ereignisse leicht zu erklären. „Der Faden der Operationen ist zerrissen, der Gang der Natur ist verändert, und keines der Agentien, welche sie heute anwendet, würde zugereicht haben, um ihre alten Wirkungen hervorzubringen.“

Von Agassiz theologischen An- und Absichten können wir ganz Umgang nehmen.

Darwin erläuterte die Lehre Lamarck's von der stufenweisen Heranbildung der Erdenwesen, von den einfachsten Urgestaltungen zu den vielfachen und höchsten der Gegenwart, aus einem der Wesenreihe innewohnenden Grundzuge, dessen Walten durch Anpassung an die Lebensbedingungen in jedem Einzelwesen zu verschiedenen Gestaltungen geführt habe. Er entwickelt besonders die Erblichkeit und Anbequemung als die Hauptursachen der steigenden Ausbildung in einem bestimmten Sinne. Darwin hat unabsichtlich den Ruhm der Lamarckschen Theorie, die schon etwas rückwärts lag, wieder aufleben lassen und auf sich vereinigt.

So stehen denn jetzt diese beiden Ansichten bezüglich der Entstehung und Fortbildung der Erdenwesen sich ziemlich schroff gegenüber: die ältere auf Linné und Cuvier gestützt, von den getrennten und feststehenden Arten, deren jede von jeder durch eine Kluft getrennt sei, und die neuere, von Lamarck begründet und von Darwin am weitesten ausgeführt, von der Vorstellung ausgehend, dass alle Wesen aus einer Urform sich entwickelt haben, dass also die jetzt vorhandenen Pflanzen und Thiere die Erzeugnisse und Ueberreste der unzähligen Bildungen seien, welche in unermesslichen Zeiten einander folgten. Die ältere Lehre hat den grossen Vorsprung, dass alle vorherigen Beobachtungen ausschliesslich für sie gemacht worden sind, und demgemäss sich eine Auffassung der Thatsachen und Aufstellungen festgesetzt hat, die bei den meisten Fachgelehrten den ganzen Inhalt ihres Wissens ausmacht, den ganzen Bereich ihres Lebens, ihrer Fähigkeiten ausfüllt, und deshalb, wie in den früheren Jahrhunderten die Lehren des Aristoteles

und Ptolemäus, als die Stützen des herrschenden Glaubens gelten, so sehr, dass ein Abweichen davon Gefahren bietet für die amtliche und bürgerliche Stellung, und deshalb Vorsicht und Trägheit zu ihren Gunsten wirksam sind. Die ältere Lehre hat allen Grund im Besitze, die neuere soll erst Grund erobern, sie besitzt nur Bruchstücke, einzelne Glieder einer unabsehbaren Kette,. aus denen sie die ganze Folgenreihe unermesslicher Zeiten zusammenstellen und ableiten soll. Die ältere Lehre hat ein durch Scheidewände getrenntes Fachwerk, in welchem sie Alles mehr oder minder bequem einordnen kann; die neuere dagegen kann und darf keine Fächer machen, weil bei ihr Alles eine Folgereihe bilden soll.

Dagegen hat die neuere Lehre andere Vorzüge, welche mächtig wirken: sie regt in höherem Grade den Forschertrieb an, und hat die stärksten Bethätigungen des menschlichen Verstandes für sich; sie verfährt angriffsweise, wirkt also in günstigerer Stellung als die ältere Lehre, welche nur vertheidigen kann; sie stimmt zu der in andern Gebieten des Wissens fortschreitenden Erkenntniss, welche in den Vorstellungen von der Weltbildung alles Schroffe, Gewaltthätige und Menschenartige zurückdrängt, und durch das Walten noch jetzt thätiger Kräfte dasjenige erklärt, was früherhin dem plötzlichen Wirken unbekannter Mächte zugeschrieben ward.

Die neuere Lehre ist conservativ, die ältere revolutionär, wenn auch die meisten hochgestellten Anhänger der älteren Lehre sonst conservativ sind.

Im Obigen sind die allgemeinen Grundzüge besprochen, welche den Artenwechsel aus natürlichen Ursachen erklären, und wir gehen dazu über, einige besondere Betrachtungen anzuknüpfen.

Das Aussterben einzelner Thierarten ist schon in der historischen Zeit beobachtet worden.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, 1741, entdeckte der Zoologe Steller, auf Bering's zweiter Reise an der Küste der Beringsinsel bei Kamschatka einem zum Geschlechte der Seekühe gehörenden Thierkoloss, das Borkenthier (Rhytina Stelleri), das in grosser Anzahl an jener Küste lebte. Sein Körper wog 80 Zentner; das wohlschmeckende Fleisch und das Fett lockte zum Fang und schon 1768 soll das letzte Stück getödtet worden sein, so dass 27 Jahre hinreichten, dies Thier von der Erde zu vertilgen. Seither ist trotz aller ausgesetzter Preise keine Spur mehr davon entdeckt worden. Erst 1862 ist es gelungen, vollständigere Knochenreste des Borkenthieres wieder aufzufinden. Der Mensch hatte es vertilgt. Eine Kauplatte nebst Schädelfragment im Petersburger Museum ist der einzige gebliebene Rest, und ohne die Beschreibung des an der Küste von Kamschatka gescheiterten Zoologen Steller würden wir Näheres von dem Thiere gar nicht mehr wissen.

Eben so rasch war die Dronte oder Dodo auf Mauritius vertilgt. Die Matrosen des holländischen Admirals Wybrand von Warwyck, dessen

Schiff 1598 an die Küste von Mauritius verschlagen wurde, begannen den Vernichtungskampf. Obwohl das Fleisch des Vogels schlecht schmeckte, und die ganze Mannschaft jedesmal nicht mehr als zwei Vögel verzehren konnte, so wurden doch die unbehülflichen Thiere in grosser Anzahl todtgeschlagen. Schon 1607 berichtet der Kauffahrer Paulus van Soldt, dass die Vögel an der Küste sehr abnähmen. Seine Mannschaft lebte 23 Tage nur von Dronten und einigen Schildkröten. 1684 wurde der Vogel zum letzten Mal erwähnt, und im Anfang dieses Jahrhunderts fand Bory de St. Vincent an Ort und Stelle keine Knochenreste mehr, selbst das Andenken an diesen merkwürdigen Vogel war auf jener Insel ganz erloschen.

Ebenso unterliegt es keinem Zweifel, dass auch die Riesenvögel auf Neuseeland durch die Hand des Menschen vernichtet worden sind, und dass der Kannibalismus auf dieser Insel erst nach dem Erlöschen dieser Vögel eingerissen ist.

Die kiwiartige Moa, Palapteryx ingens Owen findet sich auf Neuseeland*) immer nur in Höhlen. Die Knochen liegen zum Theil ganz oberflächlich nur von einer wenige Zoll dicken Lehmschichte bedeckt, zum Theil tief unter Kalksinterkrusten. Die Knochen von Dinornis didiformis lagen stets oben, während die Knochen von Dinornis elephantopus mitunter 3 Fuss im halbfossilen Zustande angetroffen wurden, so dass es scheint, als ob die verschiedenen Arten dieser Riesenvögel nicht alle gleichzeitig gelebt hätten. Auch lagen die Knochen nicht durcheinander, wie es eine Einschwemmung hätte bewirken müssen, sondern die Skelette lagen ganz beisammen, jeder Knochen an seinem Platze, die Phalangen der einzelnen Zehen bei einander, dann die Füsse, dann das Becken, die Rippen und das Brustbein, endlich die Wirbelsäule mit dem Schädel und Schnabel. Sogar die Ringe der Luftröhre lagen an ihrer Stelle, und wo der Magen war, lagen die Moasteine. Demnach liegen diese Landthiere auch nur in Diluvinm oder Festlanddetritusbildungen.

Nach den Mittheilungen Hochstetter's unterliegt es keinem Zweifel, dass die Riesenvögel von Neuseeland durch die Einwohner ausgerottet worden sind, die sich von dem Fleisch des leicht zu tödtenden Thieres ernährten. Mit ihrem Verschwinden trat der Kannibalismus auf Neuseeland als eine nothwendige Folge im Kampfe um das Leben ein. Zu unsern Zeiten ist der Mops ausgestorben, die Alca bipennis wird schon seit mehreren Jahren vergeblich gesucht, der Steinbock war schon für verschwunden gehalten, als man noch einmal eine Heerde desselben entdeckte, er wird aber wahrscheinlich seinem Schicksale nicht entgehen. Der Elk wird als Seltenheit im Walde von Bialistock und in einigen Lithauischen Wäldern von den Regierungen gehegt, und wäre sehr nahe der Jagdfreiheit von 1848 erlegen. Obgleich dies sehr moderne mensch-

*) Hochstetter, Neuseeland, S. 450 u. flgde.

liche Verhältnisse sind, so ist doch auch bei vorweltlich untergegangenen Thiergeschlechtern der Fall nicht ausgeschlossen, dass eins derselben durch ein anderes Thier ausgerottet wurde.

Ueber das allmälige Auftreten der Thierclassen bemerkt Humboldt (Kosm. 1,289), dass sich Fische, die ältesten aller Wirbelthiere, schon in der silurischen Formation finden, und dann ununterbrochen durch alle Formationen durchgehen, dass die Saurier mit dem Zechstein beginnen, dass sich die ersten Säugethiere (Thylacotherium Prevostii und Th. Bucklandi) in der Juraformation und der erste Vogel in der Kreide finde, und dass dies nach unserm Wissen die untern Gränzen der Fische, Saurier, Säugethiere und Vögel seien. Da könnte man nun fragen, ob sich denn auch in den heutigen Schlammabsätzen unserer Flüsse und Meere todte Fische vorfinden, und was ein Säugethier im Jurakalk und ein Vogel in der Kreide zu schaffen habe. Viel begreiflicher ist es, dass sich im Schuttlande die riesenmässigen Knochen vorweltlicher Säugethiere, der Mastodonten, des Dinotherium, des Missurium, Megatherium und des 11 Fuss langen Mylodon vorfanden, welche auf diesem Lande gelebt haben.

Fischreste finden sich durch alle sog. geologische Formationen hindurch bis hinab zum untersten Silur, und das ist auch nicht im geringsten wunderbar, denn alle diese Formationen sind reine und ausschliessliche Meeresgebilde, welche der Art nach zwar nur 4 sind (Kalk, Thonschiefer und Sandstein, Steinkohle und Steinsalz), sich aber in ungeheurer Zahl überall wiederholen. Würde man die Tertiärbildung als reine Detritusbildungen des Festlandes ansehen, so konnten darin keine Fischreste vorkommen; da man aber auch ganz ächte Meeresbildungen, wie den Nummulitenkalk, den Cerithienkalk etc. dazu rechnet, so ist es nicht auffallend, dass auch Fische in Tertiär vorkommen. Man hat die Beobachtung gemacht, dass unter den 1500 und mehr Species fossiler Fische keine einzige ist, die entweder während zweier geologischer Perioden gelebt hätte, oder noch in den jetzigen Meeren vorkäme, und will daraus den Schluss ziehen (s. Sonnenburg, Tellus 1845, S. 399), dass keine Species der vorweltlichen Fische lebend aus einer geologischen Epoche in die andere mit hinübergegangen sei; dass mithin jede geologische Epoche, somit auch die Gegenwart, von der ihr zunächst vorangegangenen durch solche Katastrophen geschieden sei, welche dem ichthyologischen Leben (!) jedesmal ein Ende machte. Das ist eine höchst sonderbare Zumuthung. Von allen Thieren der Erde sind die im Meere lebenden am meisten gegen eine Katastrophe geschützt. Die Landthiere könnten durch Wasserfluthen ersaufen, die Meeresthiere aber niemals durch Land aufs Trockne gesetzt werden, da das Meer 3 Mal so gross ist, als das Land und an Volum ungeheuer viel Mal das über das Meerniveau erhobene Land übertrifft. Es kann alles Land ins Meer versinken, und dies dann noch eine Höhe von 2000 Meter behalten, aber keine Möglichkeit ist vorhanden, dass alles Wasser verschwände, weil

es immer als der leichtere Stoff oben bleiben muss. Wenn man also die Beobachtung, dass die Fische in allen Epochen andere sind, zugibt, so muss doch die Erklärung eine andere sein. Offenbar gehört zu einer geologischen Epoche eine ungeheure Zeit, und in dieser haben sich naturgemäss die Arten der Fische immer verändert und anders entwickelt. Betrachtet man die überwiegende Zahl der Fische im Meere im Vergleich zu allen andern Thierarten, so erstaunt man über die kleine Zahl der Reste, die sich erhalten haben. Ein einziger Heringszug enthält mehr Individuen, als überhaupt bis jetzt fossil gefunden worden sind. Bei der grossen Zahl der Fische liegt es in der Oeconomie der Natur, dass ihre Leiber nach dem natürlichen Ableben wieder in den Kreislauf zurückkehren, und dass sie nicht für palaeontologische Kabinette bestimmt sind.

Was die absolute Grösse der vorweltlichen Thiere betrifft, so scheint dieselbe jener der heutigen Thiere im Allgemeinen überlegen gewesen zu sein. Das Mammuth war grösser als der Elephant, die spelaeischen Bären, Hyänen, die Faulthiere weit grösser als die jetzt lebenden. Der Palapteryx ingens, Dinornis gigantea übertrafen den heutigen Strauss an Grösse. Wenn nun eingewendet wird, dass wir noch kein fossiles Thier von der Grösse der heutigen Wale gefunden haben, so beweist das noch nichts, da überhaupt grosse Fische noch nicht gefunden worden sind. Wir kennen nicht den Lebenslauf und Tod eines solchen Thieres, und können nicht sagen, dass sich nothwendig die Knochengerüste dieser Thiere hätten erhalten müssen. Der Wallfisch wird nicht von andern Thieren als Ganzes verzehrt, sondern seine Knochen werden, von einander getrennt, einzeln der Auflösung verfallen. Wir können also gar nicht schliessen, dass es früher keine Wale gegeben habe, sondern wir müssen vielmehr vermuthen, dass die Skelette der natürlich verendenden Thiere dem Kreislauf wieder anheim fallen, da überhaupt so wenig Fischreste von grösseren Arten vorkommen. Es müssen wohl Bedingungen bestehen, dass Fische überhaupt nur ausnahmsweise gerettet werden können.

Es ist absolut unzulässig, aus der Natur jetzt lebender Thiere auf vorweltliche Klimate jener Orte einen Schluss zu machen, an denen ähnliche Thierformen fossil vorkommen. So wie die Thiere ihre Gestalt ändern, so können sie auch im langsamen Fortgange ihre Natur ändern. Wenn wir das Mammuth im Eise eingefroren und mit erhaltenem Fleische und Pelze finden, so sind wir darüber beruhigt, dass die Lenamündung nicht damals das Klima von Ceylon hatte, wo wir jetzt den Elephanten finden. Es scheinen sich die Thiere überhaupt immer nach wärmeren Gegenden gezogen zu haben, leichter als umgekehrt. Die Affen von Sansans, von der schwäbischer Alb, und von Pentelikon haben heute unter diesen Breiten keine Nachfolger gefunden; das Nashorn, welches jetzt nur mehr in warmen Gegenden vorkommt, die Hyäne, die Koralle haben früher in kälteren Klimaten gelebt. In gleicher Weise konnten

palmenartige Pflanzen in weit kälteren Klimaten gewachsen sein, und wenn uns auch bei den Pflanzen das Treiben in Meeresströmen ihre weite Entfernung vom Orte des Wachsens erklärt, so mag auch der andere Umstand vorhanden gewesen sein, dass sie schon weit näher ihrem heutigen Fundorte gewachsen sind. Solche Unterschiede der heutigen und vormaligen Klimate, als aus der Natur der Thierreste hervorgehen würden, sind ganz undenkbar, wenn man nicht eine andere Sonne und eine andere Lage der Erdachse annehmen will.

Offenbar sind Australien und Südamerica gleichzeitige Länder, die in derselben Hemisphäre und unter denselben Breitengraden liegen. Welche Mittel hätte aber jetzt ein Reisender, der beide Länder genau untersuchte, die Gleichzeitigkeit derselben zu beweisen. Durchaus gar keine. Weder eine Pflanze, noch ein Thier erscheint vollkommen in derselben Species. Von den 160 Arten Beutelthieren, welche Australien besitzt, ist keines in Südamerica einheimisch, und das americanische Opossum lebt nicht in Australien. Und was liegt endlich für eine Bedeutung oder Werth in dem Umstande, ob zwei Dinge gleichzeitig oder früher und später sind, da jedenfalls einer dieser 3 Fälle vorhanden sein muss.

Dass die Meeresthiere der Kalksteine ungleich ähnlicher auf der ganzen Erde vorkommen als die Landthiere, hat seinen Grund in der gleichmässigeren Temperatur der Meere. Bei Spitzbergen wachsen im Meere noch reichlich Tangpflanzen, obgleich auf dem Festlande kaum eine Spur einer Vegetation zu bemerken ist. Der Golfstrom hält, wegen der grossen Wärmecapacität des Wassers, die Temperatur des Meeres dort viel gleichmässiger, als die Luft bleiben kann. Zwischen Spitzbergen und dem Nordcap wurden korallenähnliche Seegebilde mit der Sonde aus dem Meere hervorgeholt.

Als Cuvier in den Zwanziger Jahren die Resultate seiner Forschungen zusammenstellte, hatte man fossile Affenreste noch nicht gefunden, was den grossen Gelehrten bewog, die Existenz solcher in der Vorzeit überhaupt zu läugnen. Es ist immerhin gefährlich, in der Wissenschaft einen Machtspruch zu thun, ganz besonders aus negativen Anzeigen. Damit, dass wir bis heute ein Wesen noch nicht entdeckt haben, ist noch nicht bewiesen, dass dieses Wesen nicht existire: der nächste Morgen kann schon das Gegentheil an den Tag bringen. In den Machtsprüchen bedeutender Männer liegt aber noch eine Gefahr für die Wissenschaft selbst, dass man eine Sache leicht für abgemacht und erledigt ansieht, über welche ein solcher das letzte Wort gesprochen hat. So vergingen nach Cuvier's Ausspruch: „Es gibt keine fossile Affen," keine zehn Jahre, als an 3 verschiedenen Orten fossile Affen gefunden werden, was aber in Folge obigen Ausspruchs mit grosser Schüchternheit bekannt gemacht wurde. Den ersten fand Lartet im Hügel von Sansans, der zum Theil auf Kosten der französischen Regierung durchsucht wurde. Es war ein vollständig mit Zähnen erhaltener Unterkiefer

eines Hylobates. Ein zweiter Fund geschah am Pentelikon in Griechenland von einem bairischen Soldaten, und A. Wagner erkannte darin die Schnauze eines Affen. In Folge dieses Fundes wurde am Pikermi nachgegraben, und ein reiches Lager von Affen mit Dickhäutern, Fleischfressern und Wiederkäuern ans Tageslicht gezogen. Mehr als hundert Individuen, aus denen man vollständige Skelette herstellen konnte, wurden gefunden Es sind solche darunter, die mit den geschwänzten Meerkatzen von Ceylon und Bengalen die grösste Aehnlichkeit haben.

Später wurden Affenzähne in den Bohnerzen der schwäbischen Alb gefunden, und endlich fand Lartet in dem oben erwähnten Hügel von Sansans einen dem Orangutang ähnlichen Waldmenschen, dem er den Namen Dryopithecus gab. Einen anderen Affen nannte Lartet geradezu Hylobates antiquus, den vorweltlichen Gibbon, der jetzt auf Java und den Molukken vorkommt. Denselben Affen fand man noch später in der Braunkohle von Elgg. Auch in Amerika sind fossile Affen gefunden worden. Die Thatsache ist demnach gegen Cuvier feststehen geblieben, und seine Behauptung hat die Erkenntniss nur um 20 Jahre zurückgehalten.

Das regelmässige Vorkommen der Thiere ergibt sich aus der Natur der Thiere und der Erdbildungen. Fische, Saurier, Schalthiere, Korallen gehören in die Meeresbildungen, und das Vorkommen des Pterodactylus, des Archaeopteryx macrura Owen im Kalke ist gegen die Regel und darum so selten; Dickhäuter, Raubthiere, Landthiere, Vögel gehören in den Detritus der Landbildungen, oder ins Tertiär, wenn man in ihm die Meereskalke streicht, dagegen kann sich nicht leicht ein Fischrest im Schuttlande, im Waldboden, im Lös, in der Ackererde finden.

Fortbildung und Rückschritt.

Eine vielbeliebte Anschauungsweise von dem Entwicklungsgange der organisirten Wesen ist die Vorstellung einer stufenweisen Fortbildung der Welt. Man nimmt an, dass die auf einander folgenden Wesen im Laufe der Zeit immer vollkommner und entwickelter würden Dazu glaubt man die Beweise in der Erde selbst zu finden, die in ihren „Urgesteinen“ gar keine Spuren von Leben, in den darauf folgenden „Uebergangsgesteinen“ nur sehr wenige von rückständigen Thierclassen dann immer vollkommnere enthalte, bis sich die Entwicklung im Menschen, als dem zuletzt gekommenen, gipfle, und auch dieser selbst

sei zu immer grösserer Vollendung aufgestiegen, die er im heutigen Kulturmenschen zeige.

Diese Anschauungsweise zeigt von Liebe zur Menschheit, stammt aber auch von Egoismus ab, denn die Folgen derselben kommen Demjenigen zu Gute, welcher die Ansicht erfunden hat. Aus diesem Gesichtspunkte ist sie verdächtig.

Es ist schon oben nachgewiesen worden, dass man aus dem Fehlen von Thierclassen in Gesteinen nicht auf das Fehlen derselben auf der Erde schliessen könne; insbesondere dass das Nachsuchen der warmblütigen, höheren Thiere in Meeresgebilden ohne alle Berechtigung, vielmehr ein Irrthum ist.

Dass die frühere Thierwelt minder vollkommen wie die heutige, entwickelt gewesen sei, ist durch nichts bewiesen. Die Thiere waren ebenso gross und grösser als die heutigen und besassen nach dem ganzen Baue ihrer Knochen sämmtliche Organe in ganz ähnlicher Ausbildung als die heutigen, hatten warmes Blut, Wirbelsäulen, Nerven, alles in gleicher Art. Wie viele dieser Arten sind unzweifelhaft untergegangen und haben auch keine Spur ihrer Existenz in der Erde hinterlassen. Die gefundenen Formreste können wir nur nach Analogieen jetzt lebender Thiere erklären. Wir finden nur wenige Formen, die nicht mit den heutigen erklärt werden könnten. Das unter den Thieren eine gewisse Fortbildung statt finden könne, hat sehr natürliche Gründe. Das Thier sucht günstigere Bedingungen des Lebens auf, es gelangt in Gegenden, die ihm mehr Nahrung ohne grössere Mühe gewähren. Es entwickelt sich körperlich. Das stärkere Thier greift das schwächere an; letzteres unterliegt und verschwindet; nur das stärkere kommt zur Fortpflanzung. Die übrig bleibende Raçe wird die stärkstmögliche sein. Die Fortbildung dauert, so lange noch günstigere Lebensverhältnisse erreicht werden können. So wie diese aufhören, beginnt die Rückbildung in Vollendung des Einzelwesens und in Zahl. Bei nicht ausreichender Nahrung nimmt die Stärke des Einzelnen ab, im Kampfe unterliegen die Schwächeren, und die Zahl vermindert sich. Die Thiere ziehen sich in andere Gegenden zurück und sterben endlich in der ersteren ganz aus. Es findet also im Laufe der Zeit Fortbildung und Rückbildung bis zur gänzlichen Vernichtung statt, und die Thierwelt zeigt uns keine Beweise von einem ununterbrochenen Fortschritt. Dass sich in der todten Natur keine Schmetterlinge, Leuchtkäfer, Pfauen, Arras und Kakadus im erkennbaren Zustande finden, bedarf keiner Erklärung. Dass aber nicht solche, und noch weit prachtvollere Formen sollten existirt haben, kann man aus deren Abwesenheit nicht schliessen. Auch der Mensch zeigt Fortbildung und Rückbildung. Vom Neanderthalschädel bis zum Schillerkopf ist eine ungeheure Kluft, und die Fortbildung ist unverkennbar. Aber auch die Rückbildung fehlt nicht, wenn die äussern Lebensbedingungen sich ungünstig ändern. Darunter ist vor allem die Ertragfähigkeit des Bodens zu verstehen. Wo diese

abnimmt, muss das physische Leben beeinträchtigt werden, und damit das geistige. Rückbildung bis zum Aussterben tritt ein. Die Geschichte bietet davon zahlreiche Beispiele. Der Kulturzustand des Mittelalters gegen die Blüthe von Griechenland und Rom gehalten beweist dies schon genügend. Jedes Volk, dessen Lebensbedingungen durch natürliche oder menschliche Verhältnisse nachtheilig verändert werden, verfällt der Rückbildung. Vernichtung der Wälder, Verheerung der Bodenerzeugnisse durch schädliche Thiere, Erschöpfung des Bodens an Mineralstoffen, Sklaverei, Aberglauben, tyrannische Gewalt sind solche rückbildende Einflüsse. Man vergleiche das heutige Sicilien, den crassen Aberglauben seiner Bevölkerung, deren verminderte Zahl, die vernichtete Fruchtbarkeit seiner Aecker, die Entwaldung seiner Berge mit jenen Zeiten, wo Cicero als Quästor hingeschickt wurde, um Korn für Rom einzukaufen, und ein Beispiel von Rückbildung tritt uns abschreckend entgegen. Gewissermassen gilt dasselbe von ganz Italien, Spanien, Griechenland, Aegypten, Nordafrika, Kleinasien.

Die von der Natur wenig begünstigten Länder hoher Breiten sind sichtbar in Rückbildung. Die Bevölkerung des Feuerlandes nimmt immer mehr ab. Viele neuere Reisende haben gar keine Einwohner mehr zu Gesichte bekommen. Die Eskimos sind ebenfalls in Rückbildung begriffen. Die Franklin-Expeditionen haben verlassene Eskimoansiedlungen gefunden. Es musste als ein Glück angesehen werden, wenn man Eingeborenen begegnete, die man fragen konnte. Viele Gegenden wurden vergeblich nach Einwohnern durchforscht, wo frühere Reisende sie gefunden hatten.

Island hat seit den Zeiten der Edda an Bevölkerung abgenommen. Der natürliche Graswuchs, worauf die Haltung der Pferde und des Rindviehes beruht, muss immer mehr abnehmen, weil der Boden die geraubten Mineralstoffe nicht zurück erhält. Von den Pferden werden die Excremente auf Wege und Stege nur nicht auf die Grasplätze zurückgebracht. Schliesslich kommen diese Stoffe mit Regen und Schnee ins Meer. Nach den Schilderungen von Prof. Vogt steht auch Lappland und das nördliche Schweden und Norwegen auf dem Aussterbeetat. Das von Moos lebende Rennthier bringt die Mineralstoffe nicht an jene Stellen zurück, wo das Moos gewachsen ist. Letzteres muss immer seltener werden. Da künstliche Düngung nicht statt findet und die vorhandenen Mineralstoffe nur eine gewisse Menge und nicht eine unendliche darstellen, so müssen die Moosplätze immer seltener werden. Schon jetzt sind die Lappen oft in Verlegenheit, ihre zahlreiche Rennthierheerden zu ernähren. Sie müssen schon damit wandern. Der Mensch wird hier, wie überall wo er lange hauste, eine Einöde zurücklassen. —

Vergleicht man das heutige Kleinasien und Mesopotamien mit jener Zeit, wo Babylon, Ninive, Susa, Ecbatana, Persepolis, Palmyra dort blüheten, so dürfte ein grosser Rückschritt nicht zweifelhaft bleiben.

In den volkreichsten und blühendsten Ländern von Mitteleuropa ist seit 30 Jahren das zum Militärdienst erforderliche Körpermaass anhaltend heruntergegangen, und der Grund dazu liegt in gesellschaftlichen Verhältnissen, dass die zur Erhaltung des Lebens nöthigen Albuminstoffe immer theuerer und verhältnissmässig seltener geworden sind.

Demnach ist die Ansicht von ewiger Fortbildung und dem Fortschritte der Welt ein wohlwollender Traum, der durch nichts bestätigt wird. Fortbildung und Rückschritt halten sich das Gleichgewicht und es ist dafür gesorgt, dass die Bäume nicht in den Himmel wachsen.

Der Mensch und die Erde.

Die Beziehungen des Menschen zur Erde sind in letzter Zeit Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen, hauptsächlich in Folgen von Funden, welche rasch nach einander in vielen Gegenden gemacht wurden. Eine frühere Ansicht in der Geologie liess den Menschen auf der Erde nach Abwicklung einer Anzahl Umwälzungen und allgemeiner Fluthen als Knopfblume des Gebäudes der lebenden Wesen entstehen. Weil man in den ältern Gesteinen die wenigsten und ärmlichsten Reste von Thierformen fand, aufwärts aber immer mehr und vollendetere, glaubte man, dass in früheren Zeiten die höheren Thierclassen noch gar nicht existirt hätten, und dass nach jedem bouleversement universel die Natur mit Benutzung ihrer bis dahin gemachten Erfahrungen vollkommnere Wesen geschaffen habe, bis sie endlich, nach Ablauf ihrer Lehrjahre, den Menschen zu Stande gebracht habe. Zwischen jeder Neubildung sei tabula rasa gemacht worden, wie wenn die Natur aus Furcht, das neue vollkommnere Product mit dem früheren zu vermischen, alles zu Scherben geschlagen habe. Eine solche kindliche und kindische Ansicht verträgt keine Beleuchtung. Dass sich nicht von allen Thierclassen Reste erhalten haben, liegt lediglich in dem Umstande, dass nicht von allen Exemplare in solche Lagen kamen, um ihre Gestalt erhalten zu können. So wie wir in der Steinwelt eine ununterbrochene Neubildung und Zerstörung erkannt haben, dagegen weder eine Kraft noch eine Veranlassung zu einer solchen gewaltsamen Umstürzung aller Dinge gefunden haben, eben so wenig besteht eine solche für die lebenden Reiche. Eine ununterbrochene Neubildung mit langsamer Veränderung der Gestalt, die wir das Darwin'sche Gesetz nennen, findet auch hier statt. Die Frage über das Alter des Menschen auf der Erde ist in eigenen Werken ausführlich behandelt worden. Gesammelt sind die meisten Thatsachen in dem Werke von Sir Charles Lyell: Geolo

gical evidences of the antiquity of man. 2. edit. 1863 (528 S.), wovon eine zweckmässig abgekürzte Uebertragung ins Deutsche von Louis Büchner, Leipzig 1864 (472 S.) erschienen ist. Von Seiten der vergleichenden Anatomie behandelt diesen Gegenstand eingehend Carl Vogt in seinen Vorlesungen über den Menschen, Giessen 1863, 2 Thle. 298 u. 328 Seiten. In demselben Sinne ist wichtig Huxley's Werk: Evidence as to man's place in nature; ebenfalls ins Deutsche übertragen, bei Vieweg. Eine bedeutende Stimme in dieser Frage hat sich Prof. Schaaffhausen in Bonn durch viele gründliche Untersuchungen und lichtvolle Darstellungen errungen, und zählt unter die bedeutendsten Autoritäten unserer Zeit.

Der Gegenstand selbst berührt die Anthropologie mehr als die Geologie, indem der Mensch zur Bildung der Erde weder beitragen konnte noch beitrug. Der Mensch ist von Haus aus ein Fleischfresser, und so lange er dies ausschliesslich war, auf eine geringe Zahl beschränkt geblieben. Erst durch die Kultur ist er zum Pflanzenfresser geworden, und konnte sich dann zu solchen Zahlen erheben, die wir schon in dem Anfang der überlieferten und geschriebenen Geschichte finden. Mit ihm sind Katze und Hund aus Fleischfressern zu Pflanzenfressern geworden.

Wie weit die Existenz des Menschen rückwärts liege in Bezug auf die Schichtenbildung der Erde ist unmöglich zu entscheiden, da naturgemäss der Mensch nicht in alle Schichten gelangen konnte und sich also auch nicht darin vorfinden kann. Alle bisherigen Vorkommnisse fanden nur in jüngeren Bildungen, dem sogenannten Diluvium, statt, oder richtiger gesagt, in gar keinen Bildungen, sondern in Höhlen, die sich in Gesteinen befanden. Nun ist eine Höhle eine negative Bildung, die zwar jünger ist als das Gestein, worin sie sich befindet, die aber zu jeder Zeit nach der Bildung des Gesteines entstanden sein konnte. Es lässt sich dadurch eine Zeitbeziehung zu andern positiven Gebilden gar nicht feststellen. Ganz besonders wichtig sind zwei Funde dieser Art. Dr. Schmerling fand in den Jahren 1833 und 1834 in der Engishöhle, ungefähr 8 Meilen südwestlich von Lüttich, am linken Ufer der Maas, die Ueberreste von wenigstens drei menschlichen Individuen. Neben dem Schädel des einen lag ein Mammuthszahn. Der Schädel war vollständig, allein so zerbrechlich, dass er beim Ausgraben in Stücke zerfiel. Ein zweiter Schädel eines erwachsenen Individuums, und der einzige der im leidlich guten Zustande erhalten werden konnte, fand sich 5 Fuss tief in einer Breccie, in welcher Rhinocerosknochen, verschiedene Knochen eines Pferdes und einige eines Rennthieres zusammen mit denen einiger Wiederkäuer vorkamen. Auch rohe Steininstrumente wurden in der Nähe gefunden. Auf dem andern Ufer der Maas der Höhle von Engis gegenüber, war die Höhle von Engihoul. Auch hier fand man zahlreiche Menschenknochen von ebenfalls wenigstens 3 Individuen. Im Jahre 1860 wurden in dieser Höhle drei Bruchstücke eines menschlichen Schädels und zwei vollständige Kinn-

laden mit Zähnen gefunden, aber in einer Weise vermischt mit Thierknochen, und denselben in Farbe und sonstigen Eigenschaften so gleich, dass kein Zweifel über die Zeitgenossenschaft des Menschen mit den ausgestorbenen Thierarten statt finden konnte. Die Erhaltung dieser Reste geschah durch Bedeckung mit einer Tropfsteindecke von kohlensaurem Kalke, welche die unterliegenden Dinge gegen freie Kohlensäure schützte. Aus dieser Thatsache ging der Schluss hervor, der auch durch die anderweitigen Entdeckungen in den Pfahlbauten, im Sommethal, in den dänischen Küchenabfällen bestätigt wurde, dass der Mensch gleichzeitig mit Thierclassen gelebt habe, die jetzt nicht mehr auf der Erde vorkommen, und die also nicht durch ein allgemeines Naturereigniss, sondern lediglich durch die Zeit und andere langsam wirkende Ursachen, vielleicht durch den Menschen selbst, ausgegangen sind. Der zweite fast noch wichtigere Fund fand im Jahre 1857 in einer Kalkhöhle im Neanderthale nahe bei Dorf und Eisenbahnstation Hochdal zwischen Düsseldorf und Elberfeld statt. Die Höhle lag etwa 60 Fuss über dem Niveau der Düssel und 100 Fuss unterhalb des oberen Randes des Abhanges. Die Höhle enthielt eine Lehmschichte aber keinen Tropfstein und darin lag horizontal ausgestreckt ein Skelet, ohne Zweifel vollständig, aber die Arbeiter im Kalksteinbruche zerstreuten und verloren die meisten Knochen, indem sie nur die grösseren zurückbehielten. Dieser Fund ist sehr gründlich von Prof. Schaaffhausen in Bonn behandelt worden und die Beziehungen des Schädels zu noch lebenden Menschenracen und fossilen Schädeln festgestellt worden. Es steht diese Schädelbildung auf der rückständigsten Stufe der Entwicklung. Die sehr zurücktretende Stirne, der bedeutend hervortretende Augenbrauenwulst, die geringe Erhebung des Schädelgewölbes stellen die ganze Erscheinung noch unter jene des Australnegers, während der Engisschädel über dem letzteren steht. Wenn wir nun jetzt beobachten, dass die Entwicklung des Schädels, als Gefäss des Denkorganes, fast gleichen Schritt mit der geistigen Entwicklung hält, so müssen wir dem ältesten Menschen, wie ihn uns diese Funde zeigen, eine sehr niedrige Stufe auf der geistigen Stufenleiter anweisen. Dazu berechtigt uns auch der ganze Verlauf der Weltgeschichte. Die Völker treten erst mit der Sprache in die Weltgeschichte ein, und ohne sie können sie keine Geschichte haben. Noch jetzt haben die rückständigsten Racen der Menschheit keine Geschichte und die bekannte Geschichte geht erst auf 5 bis 6000 Jahre zurück. Nothwendig haben früher schon Menschen gelebt und gerade die Anfänge der Geschichte zeigen uns ungeheure Bevölkerungen, folglich Ackerbau, folglich eine gewisse Kultur. Diese war um so geringer, je weiter wir in der Zeit zurückkehren Die rückwärts laufenden Epochen der Eisen-, Bronze- und Steinzeit sind nur solche Kulturstufen, und vorher musste der Mensch als fleischfressendes Thier von einem wilden Thiere wenig verschieden gewesen sein, welches seinen Raub durch Fangen erhaschen musste. Es liegt nothwendig

in der Natur der Sache, dass die ersten und niedersten Kulturstufen ungeheuer lange Zeiträume mussten gedauert haben, und dass die spätern um so rascher verliefen. Ein Kind kann jetzt ohne Anstrengung im 6. Lebensjahre lesen und nothdürftig schreiben, und kann im 20. Lebensjahre eine Summe von Kenntnissen besitzen, gegen welche Aristoteles als Kind erscheinen würde. Die Entwicklung des Germanen in seinem heutigen Zustande bis auf die Zeit des Tacitus zurückgeführt, ist eine Spanne Zeit gegen die vorherige Zeit der Rohheit und Thierähnlichkeit. Weit entfernt davon, dass diese Betrachtung demüthigend für einen denkenden Menschen sein soll, ist sie im Gegentheil erhebend; in jedem Falle aber der Wahrheit und der Geschichte gemäss. Der Neanderthaler war ungeheuer von Knochen und zurückgeblieben im Schädelbau und Gehirn, und seine Verwandtschaft mit dem Gorilla war gewiss grösser, als sie heutiges Tages ist, wo Kultur die begünstigteren Racen gegen früher unkenntlich gemacht hat. Die Thierähnlichkeit ist bei dem Neger noch jetzt sehr bedeutend. Die zurücktretende Stirn, der hervortretende Brauenwulst, das vorspringende Gebiss, die schiefe Stellung der Zähne, die gebogenen Kniee, die längeren Arme, die schwindende Wade, der plattere hässliche Fuss erinnern lebhaft an die Bildung des Orang, des Schimpanse. Auch im geistigen Antheil ist der Uebergang allmälig, denn der Schritt von einem gelehrigen Elephanten oder gut dressirten Jagdhunde bis zum Feuerländer und Australneger ist nicht so gross, als von diesem hinauf zu Schiller oder Shakespeare. Im Angesicht dieser Thatsachen mag man die Sache nehmen wie man will, sie bleibt eine natürliche Entwicklung.

Es ist oben bemerkt worden, dass bis jetzt alle Funde von menschlichen Resten im Diluvium vorkommen, d. h. im Festlande. Nun ist aber das Diluvium die erste und einzige Festlandbildung von dem untersten Thonschiefer bis zur Kreide inclusive, und es ist nichts natürlicher, als dass der Mensch, der keine Schwimmhaut zwischen Finger und Zehen hat, sich in dem Erdreich befindet, auf dem er gelebt hat. Sollte er um eine Formation weiter hinabkommen, so würde er in die Kreide kommen, die sich aber nur auf den Tiefböden des Ozeans abgelagert hat, und wohin er auf natürlichem Wege nicht gelangen kann. Wollten wir die Kreide überschlagen, so würde er in den Jurakalk kommen, der ebenfalls eine Meeresbildung ist. Es ist also gar keine Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass menschliche Reste sich jemals in andern Schichten als dem Diluvium vorfinden werden und sollte hier ein Zufall mitwirken, so ist grössere Wahrscheinlichkeit vorhanden, Menschenreste im untersten Silur als in der obersten Kreide zu finden; denn ersteres bildete sich in Flussmündungen, wohin die Leiche eines ertrunkenen Menschen gelangen konnte, aber bis mitten auf das Weltmeer konnte er niemals fortgeführt werden.

Der wilde Mensch hatte viel weniger Lebensgefahr als der gebildete. Er konnte höchstens von einem Bären zerrissen werden, und

dann war sein Skelett auch kaum mehr für ein Cabinet zu gebrauchen. Der gebildete Mensch kann im Kohlendampf ersticken, von einer Petroleumlampe verbrennen, von schlagenden Wettern in der Kohlenmine verschüttet werden, zwischen die Puffer eines Eisenbahnzuges kommen, oder in einem atlantischen Dampfschiffe untergehen, wo er wirklich in die Kreide fällt. Es ist also nicht verwundersam, dass Menschenreste nur in Diluvium vorkommen, sondern es wäre viel unbegreiflicher, wenn sie noch in tiefen Schichten, in ächten Meeresbildungen steckten. Dagegen ist auch kein Grund vorhanden, dass das Diluvium nicht eben so alt und älter sein könne, als Kreide, Jura und Trias, weil zwischen diesen Bildungen nicht einmal durch die den Palaeontologen so beliebten Thiere eine Vergleichung angestellt werden kann. Es kann eben so wenig ein Saurier oder Ammonit in die Pusten Ungarns gelangen, als ein wildes Pferd der Pusten in eine Meeres-Kalkbildung. Die Dauer eines Festlandes steht in keiner Beziehung zu der Dauer, die zur Ausfüllung eines Meeres mit Kalk nothwendig ist. Da wir nun keine Wahrscheinlichkeit haben menschliche Reste in Meeresbildungen zu finden, und da wir keine Mittel haben die Landbildungen des Detritus mit den Meeresbildungen zu vergleichen, so erscheint die Ansicht richtig, dass die Frage über das Alter des Menschen bereits gelöst ist, der Schichtung nach bis in das unterste Diluvium, der Zeit nach aber als unlösbar zurückgelegt werden müsse. Und so finden sich ganz entsprechend Fischreste in allen Meeresbildungen, Muscheln, Saurier nur im Kalke oder Sandstein, Dickhäuter, Faulthiere, Beutelthiere, Nager im Thon, Lös und andern Detritusschichten, und die einzige Ausnahme ist eine Fledermaus und ein Vogel im Jurakalk.

Kosmogenie.

Die Naturforschung nimmt das Weltall und die Erde als gegeben an. Ueber die Entstehung des Weltalls und ob es eine Zeit gegeben habe, wo die Welt noch nicht existirt habe, kann sie nichts lehren, nicht einmal forschen. Unter Kosmogenie verstehen wir deshalb diejenigen Vorgänge, wodurch das Weltall, als vorhanden, seine heutige Form angenommen habe. Von den ältesten Zeiten an hat man sich mit Muthmassungen über diese Vorgänge beschäftigt. Wir brauchen nur die Namen des Sanchoniathon, Manetho, Berosus und Ocellus Lucanus zu nennen, die im Landprediger von Wakefield eine so heitere Rolle spielen.

Unter den neueren Ansichten darüber ist die Kant-Laplace'sche Theorie der Entstehung aus dem Urnebel zu erwähnen. Sie nimmt statt unserer jetzigen Sonne mit ihren Planeten und Trabanten eine Dunstkugel von einer ungeheuren Ausdehnung an, so dass ihr Durchmesser weit über die Bahn des äussersten Planeten hinausreichte. Diese Dunstkugel, welche das wägbare Material der späteren Sonne und der ihr angehörigen Weltkörper in sich enthielt, besass, wie man annahm, eine ungeheuer grosse Hitze und konnte sich nur unter allmäliger Abgabe derselben an den Weltraum und die damit nothwendig verknüpfte Zusammenziehung erst zu einer Linse, dann zu einzelnen Nebelmassen umgestalten, welche sich zu den einzelnen Planeten mit ihren Monden und Ringen verdichteten. Die Bewegung entstand, weil die Theilchen ihren Ort verlassen mussten, um sich einander zu nähern.

Diese Theorie hat den ungetheilten Beifall der Geologen und Philosophen gefunden. Die Materie wird als gegeben angenommen, und nur der Zustand derselben vor der letzten Gruppirung zum Sonnensystem gesucht.

Es bleibt nun ganz unbestimmt, in welchem Zustand man die Stoffe annehmen soll, ob blos vertheilt, oder im Gaszustand oder im Zustande des Glühens. Den Gaszustand für Kohlenstoff, Silicium, Platin, Iridium, und andere kaum schmelzbare Stoffe anzunehmen, übersteigt alle chemische Glaublichkeit. Auch würden die Stoffe nicht zugleich im Gaszustand haben bestehen können, ohne Verbindungen mit einander einzugehen. Es würde dann nicht lange gedauert haben, so wäre statt Silicium, Aluminium und Sauerstoff Kieselerde und Thonerde vorhanden gewesen, Körper die wir uns ebenfalls nicht im Gaszustand, in der Kälte des Weltalls, vorstellen können. Wir wissen, dass die Wärme nicht verschwinden kann, und dass die Erkaltung dieser heissen Dunstkugel nur darin bestanden haben kann, dass die Wärme auf andere Weltkörper übergegangen sein muss. So bald die Hitze so weit heruntergesunken war, dass der Gaszustand in den feuerflüssigen überging, so musste die Verdichtung der Materie beginnen, und die Temperatur der verdichteten Massen musste mindestens die mittlere Schmelzhitze aller Körper sein. Offenbar musste sich auch hier Kieselerde, Thonerde, Kalk früher verdichten, als Kochsalz, Quecksilber, Schwefel und Chlor.

Durch die Bewegung selbst, womit sich die Körper gegen einander stiessen, und welche durch ihr Zusammentreffen aus entgegengesetzten Richtungen gehemmt wurde, musste eine ungeheure Wärmemenge frei werden, die wieder einen Theil der noch schmelzflüssigen Stoffe in Gase verwandelte, und dies musste sich so oft wiederholen, bis der Wärmeverlust so gross war, dass ungeachtet der durch Bewegung erzeugten Wärme keine Vergasung mehr statt fand. In diesem Falle mussten sämmtliche Weltkörper im Innern eine ungeheure Gluth bergen, wenn auch die äussere Schale allmälig erkaltete. Das stimmte ganz

vortrefflich mit der früheren plutonistischen Theorie. Allein durch die neueren Forschungen und Thatsachen sind wir zu einem ganz verschiedenen Resultate gekommen, dass die grosse Masse der Gesteine der Erde niemals schmelzflüssig gewesen ist, und wir können dieses sichere Resultat mit dem hypothetischen der Laplace'schen Theorie nicht in Einklang bringen. Ueberhaupt aber führt uns diese Theorie nur einen Schritt rückwärts vor die Bildung des jetzigen Sonnensystems und setzt einen Zustand voraus, der durch nichts bewiesen werden kann, und welcher mit den beobachteten Thatsachen in offenbarem Widerspruch steht. Allein dieser Zustand selbst ist etwas in der Zeit Vergangenes und also in der Zeit Entstandenes und es muss vor diesem Zustande wieder ein anderer gewesen sein. Daraus kommen wir nothwendig in eine Reihenfolge von Veränderungen, von denen wir keinen Anfang finden können. Die Laplace'sche Theorie führt uns in ein geistiges Dilemma durch den Fehler, dass sie einen anfänglichen, einen Urzustand suchen will, und kommt zu einem End-Resultate, was mit den beobachteten Eigenschaften der Gesteine der Erde im Widerspruch steht.

Das heutige Sonnensystem ist als eine Form der Materie, unabhängig von der Unvergänglichkeit der Materie selbst, vergänglich und auch in der Zeit entstanden; aber durch welche Vorgänge, können wir nicht errathen. Die Voraussetzungen der Laplace'schen Theorie sind aber nach dem Befund der Erde falsch. Die Frage nach dem Anfang der Dinge ist uns untersagt.

Viel klarer ist die homerische Kosmogenie, Ilias 15,187: Drei Söhne gebar die Rhea dem Kronos: den Zeus, den Poseidon und den Hades. Unter diese wurde die Welt getheilt; Zeus erhielt den Aether, Poseidon das Meer und der Hades die feste Erde. Es heisst dies nichts anderes, als im Laufe (*Ῥέα* von *ῥεῖν*, fliessen, strömen) der Zeit (*Κρόνος* = *χρόνος*) schieden sich die Luft, das Meer, die Erde ab. Der Hades (*Ἀΐδης*, der Dunkle, wo man nicht sehen kann, von *α* und *εἴδω*) hätte also nach unserer Ansicht den Granit bis zum Basalt und Klingstein erhalten; das Wort Pluto, *Πλούτων*, ist späterer Entstehung und bedeutet den Gott des Reichthums, von *πλοῦτος*, also eigentlich nur die Erzgänge, ein kleines Stückchen des Hades, von denen wir wissen, dass sie nicht auf plutonischem Wege zu Stande kamen; Hephästos, der spätere Vulkan, ist nur Sohn der Here, *Ἥρη* von *ἀήρ*, also aus Luft entstandenes Feuer; seine Wohnung ist nicht unter der Erde, sondern unter den Palästen der andern Götter auf dem Olymp (Ilias 18,370). Der homerische Hades ist finster und kalt mit seiner Asphodelosweise und es erscheinen uns sowohl der Plutonismus als der Vulkanismus stark in die Mythologie eingeschmuggelt.

Poseidon (Neptun) erhielt das Wasser, die Chlormetalle und den Gyps und die Aufsicht über die Bildung der Sedimentgesteine, des Kalkes und der Steinkohle; Zeus (Jupiter) erhielt die Atmosphäre, den freien Sauerstoff, das Ozon und das Departement der Wolken, Gletscher,

Stürme und Passatwinde; Hades erhielt Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd, Kali, Natron und damit die langsame Hebung der Gebirge. Wenn diese drei Herrscher einmüthig die Welt regieren, und die verfassungsmässigen Uebergriffe jedes Einzelnen in den Bereich des Andern gestatten, so ist für die Fortdauer der Erde ausreichend gesorgt.

Landläufige Geologie.

Die Geologie hat einen eigenthümlichen Entwicklungsgang genommen. Ehe man die Entstehungsart der einzelnen Gebilde erforscht hatte und kannte, hat man die Erklärung der ganzen Erde und des Zusammenhangs der Erscheinungen versucht. Man hat Theorien der Nacheinanderfolge der Gesteine aufgestellt, ehe man sich über die einzelnen Rechenschaft gegeben hatte. Wie konnte es anders kommen, als dass man damit in eine Reihe von Irrthümern verfiel. Wenn man nicht wusste, wie das Steinsalz entstand, so konnte man ihm in der Reihenfolge der Gesteine nur jedesmal diejenige Stelle anweisen, wo man es zufällig aufgelagert fand. Nachdem aber die Ansicht Platz gegriffen hat, dass das Steinsalz immer auf der Oberfläche der Erde durch Austrocknen von Meerwasser entstanden ist, ergab sich die Unterlage des Steinsalzes als zufällig, indem das Wasser jedesmal die tiefste Stelle einnahm. Da man den Silicatgesteinen eine hohe Temperatur im Innern der Erde zuschrieb, so folgte daraus die Hebungstheorie durch Dampf, das rasche Durchbrechen der oberen Schichten, die Veränderung der berührten Gesteine durch Hitze und eine Reihe von Erscheinungen, die mit der Grundidee zusammenhiengen. Wenn man die Kalkgebirge als etwas Gegebenes nahm, so brauchte ihr Ort und die Beziehungen zu andern Gesteinen nicht erklärt zu werden. So bald man sie als die Reste der Gehäuse lebender Wesen ansah, waren ihre Beziehungen zu Thonschiefer und Sandstein verständlich. Es ist also ganz klar, dass man ohne sichere Kenntniss der Entstehung jeder einzelnen Gesteinsart von den Beziehungen verschiedener Schichten zu einander noch weniger klare Begriffe haben konnte.

Es ist deshalb der Gang des vorliegenden Werkes kein anderer gewesen, als dass zuerst die Bildung jeder einzelnen Gesteinsart für sich aufs genaueste untersucht und festgestellt wurde. Dabei ergab sich das allgemeine Resultat, dass alle Gesteine der Erde noch auf der heutigen Erde in Bildung vorhanden sind, und dass alle zu allen Zeiten gleichzeitig immer vorhanden und in Bildung begriffen waren. Damit

war die Geologie der Perioden und Formationen gefallen. Wenn alles gleichzeitig war, so hörte die Zeit auf ein Unterscheidungsmerkmal zu sein. Ganz anders war es bei der ältern Geologie, welche für jede Formation eine besondere Zeit annahm, und die Wiederkehr der einzelnen Bildungen zwar nicht in allen Fällen läugnete, aber doch nicht als Regel hinstellte. Es hat sich daraus ein System der Reihenfolge gebildet, welches nach vielfachen Veränderungen doch zuletzt eine bestimmte Gestalt annahm. Die granitischen Gesteine und die verwandten Silicatgesteine nahm man als das Urgebirge an, und liess darauf die andern in einer Reihenfolge von unten nach oben folgen. Da finden wir nun:

1) das silurische System,
2) das devonische System,
3) das Steinkohlensystem,
4) das permische System;

als secundäre Gebilde:

5) das Triasische System, bestehend aus
   buntem Sandstein,
   Muschelkalk,
   Keuper;
6) das Jurassische System, bestehend aus
   Lias,
   Oolith (Bathgruppe),
   Oxfordgruppe,
   Portlandgruppe,
   Wäldergruppe;
7) die Kreideformation,
8) die Tertiärgebilde, worunter eigentlich nur die ältere Alluvion zu verstehen, darin
   die Eocäne-Gruppe,
   die Miocäne-Gruppe,
   die Pliocäne-Gruppe,
   die Pleistocäne-Gruppe;
9) die Alluvion oder die heute entstehenden Gebilde der Verwitterung und Zerreibung aller Gesteine der Erde.

Betrachtet man diese Aufstellung genauer, so sieht man, dass die Gruppen 1 bis 7 reine Meeresbildungen sind, die Gruppen 8 und 9 aber Landbildungen, obgleich in 8 auch noch Meeresbildungen vorkommen, oder dazu gezählt werden. Meer und Land haben aber immer gleichzeitig bestanden, denn ohne Gebirge des Landes konnte sich kein Thonschiefer, kein Sandstein bilden. Es ist deshalb ungerechtfertigt, dass die Landbildungen den Meeresbildungen in der Zeit sollten nachgestanden haben, dagegen ist es ganz natürlich, dass die Landbildungen höher liegen als die Meeresbildungen, weil alle Stoffe durch Bewegung tiefer geführt werden. Die an sich höher liegenden konnten sich auf den tieferliegenden ablagern aber nicht umgekehrt. Unter der Voraus-

setzung, dass alle Bildungen zu allen Zeiten, jede an ihrem Orte, entstanden sind, muss dieselbe Bildung auf der Erde in sehr verschiedenem Alter vorkommen. Und das ist in der That der Fall. Der Thonschiefer der silurischen Gruppe unterscheidet sich von der Schlammablagerung im Missisippi und Gangesdelta nur durch das Alter, und vielleicht auch etwas in der Mischung durch die Natur des Hinterlandes. Wir finden den Kalk vom marmorartigen Kohlenkalk durch den gelben Jura, die weisse Kreide bis zu den noch lose liegenden Foraminiferenschichten des atlantischen Ozeans; die Korallenfelsen der Juragruppe bis zu den noch lebenden Korallen der Atholle; den bunten Sandstein bis zum losen Dünensand, die anthracitische Steinkohle bis zu den schwimmenden Tangen der Südsee. Es ist einleuchtend, dass die jungen Bildungen sich von den ältern durch geringere Härte, andere Farben, leichtere Zerstörbarkeit unterscheiden; das kann uns aber nicht abhalten das Gleichartige zusammenzufassen und unter dem Gesichtspunkt der Entstehung zu betrachten. Es kann zuletzt aus dem Thonschlamm, dem losen Sande, der Thierschalen nichts werden als Thonschiefer, Sandstein, Kalkstein, wenn dieselben Zeiten verlaufen und dieselben Bedingungen eingetreten sein werden.

Wir wollen nun die im gewöhnlichen Sinne aufgestellten Gruppen einzeln betrachten.

Das Urgebirge.

Die gewöhnliche Geologie lässt allen geschichteten und oberflächlich auf der Erde entstehenden Bildungen das sogenannte Urgebirge vorausgehen, worunter man dann die krystallinischen Silicate oder die sog. eruptiven Gesteine versteht. Was unter Eruption zu verstehen sei, ist an einer andern Stelle (S. 363) erörtert worden. Hier tritt uns die erste Schwierigkeit entgegen: wenn etwas hervor- oder herausbrechen soll, so muss doch etwas vorhanden sein, woraus es hervorbrechen soll. Die Eruptivgesteine konnten nicht aus sich selbst hervorbrechen, und da angenommen wird, dass alle Sedimentgesteine durch Zerstörung und Zertrümmerung eines vorher vorhanden gewesenen, also Urgesteines, entstanden seien, so mussten vor der Bildung der Sedimente die Urgebirge nackt gelegen haben. In diesem Zustande war von Eruption nicht die Rede, weil das Meer in Dunstform aufgelöst war. Es konnte also Eruption erst nach Bildung der Sedimente eintreten, nachdem ein Ding vorhanden war, aus welchem hervorgebrochen werden konnte. In diesem

Falle würde der Begriff Urgebirge nur der Materie aber nicht der Form und Lagerung gelten. Nimmt man also an, dass die Granite und Glimmerschiefer der Schweiz erst nach Absatz und Erhärtung der Kalkgebirge hervorgebrochen seien, weil man letztere seitlich angelehnt bis zu Höhen von 8000 Fuss und mehr ansteigen sieht, so wären die Gipfel der Schweizer Alpen jünger als die aufliegenden Sedimentgesteine, wenigstens wäre ihre Form, Erhebung und Lagerung jünger als die Bildung der Kalke. Wenn wir nun aber fragen: wo waren dann der Kalk, der Gyps, das Kochsalz, das Bittersalz des Meeres, die doch offenbar nicht an der Verdampfung des Meeres theilgenommen haben, während das Urgebirge eine noch nicht von Sedimenten bedeckte glühende Kugel bildete, so sehen wir uns hier vergeblich nach einer Antwort um, da diese Körper auch keine Bestandtheile des Urgebirges ausmachen, und auch nicht durch Zertrümmerung des Urgebirges, wie Thonschiefer und Sandstein, entstehen konnten. Wenn die Sedimentgesteine nothwendig die Mitwirkung von Wasser voraussetzen, so musste die Verdichtung des Wassers früher beginnen, als die Bildung der Sedimentgesteine, und da dürften wir fragen, warum nicht die ganze Erde mit Bimsstein und Schlacken bedeckt sei, die bei der Verdichtung des Wassers auf dem noch geschmolzenen Granit entstehen mussten; warum die krystallinischen Gesteine nicht das Ansehen einer Hochofenschlacke haben, auf welche man in voller Schmelzhitze Wasser gegossen hat. Vor der Bedeckung der Urgebirge durch Sedimentgesteine konnte auch aus dem Grunde von einer Eruption nicht die Rede sein, weil kein Eindringen des Wassers in tiefere Schichten möglich war, weil der bereits verdichtete Theil des Meeres, wie ein grosser Leidenfrost'scher Tropfen auf dem noch glühenden Urgebirge lag.

„Unter eruptiven Gesteinen verstehen wir, sagt Naumann (Geogn. 2, 55), diejenigen Gesteine, welche durch abyssodynamische (!) Kräfte aus unbekannten Tiefen der Erde in zähflüssigem, und zwar meistentheils in feurigflüssigem*) Zustande hervorgetrieben worden sind. Die Beweise für den zähflüssigen und plastischen Zustand, in welchem sie an die Stelle ihres gegenwärtigen Ablagerungsraumes gelangt sein müssen, finden wir theils in der allgemeinen Form ihrer gangartigen, stockartigen und stromartigen Gebirgsglieder, theils in den so häufigen Apophysen, welche von ihren Gränzen in das Nebengestein auslaufen." Wir haben oben (S. 216) nachgewiesen, dass diese Apophysen oder Gesteinsgänge einen der schlagendsten Beweise gegen die feurige Bildung der Silicatgesteine abgeben, und können hier nicht wieder darauf zurückkommen. Die Verlegenheit der Plutonisten ihre Ansicht deutlich darzulegen ist in der That auch nicht gering, und sie suchen so gut als möglich mit Worten davon zu kommen, indem sie zu jeder Regel Ausnahmen gestatten.

*) In welchem andern denn sonst noch?

„Man darf freilich, sagt Naumann (Geogn. 2,56), bei den meisten dieser eruptiven Bildungen nicht nach einem Vulkan oder Krater, nicht nach Schlacken, Lapilli und dergleichen Dingen (!) fragen, und das Vorhandensein solcher Erscheinungen als eine nothwendige Bedingung für die Anerkennung ihrer eruptiven Natur geltend machen wollen. Unsere jetzigen, in die Atmosphäre weit hinaufreichenden Vulkane sind ganz besondere (!), und, wie es scheint, nur den neuesten geologischen Perioden angehörige Laboratorien der unterirdischen Thätigkeit, in welchen sich diese unter ganz eigenthümlichen (!) Formen und mit ganz eigenthümlichen (!) Producten offenbart. Dieselbe Thätigkeit scheint aber in früheren geologischen Perioden unter ganz anderen (!) Bedingungen gearbeitet zu haben, und es kann uns daher (!) nicht wundern, wenn die ehemaligen Formen und Produkte derselben etwas (!!!) verschieden von denen sind, welche sich heutzutage vor unsern Augen entfalten."

Wir wundern uns nicht darüber, dass unter diesen Voraussetzungen die Producte verschieden sind, sondern nur über die Voraussetzungen selbst, die, obgleich ihre Grundlagen nur zu existiren scheinen, dennoch zu so gewichtigen Schlüssen benutzt werden.

„In bunten Bildern wenig Klarheit,
„Viel Irrthum und ein Fünkchen Wahrheit,
„So wird der beste Trank gebraut."

Warum darf man nicht beim Granit nach Krater, Schlacken, Bimsstein fragen? weil sie noch nicht ein einziges mal vorgekommen sind, und weil die plutonistische Theorie ihre Abwesenheit nicht erklären kann; dagegen behauptet sie, dass Granit und Bimsstein nur etwas von einander verschieden sind, weil sie nach ihrer Theorie identisch sein müssten. Es ist wirklich schwer, hier keine Satire zu schreiben. Auch die Einordnung der eruptiven Formationen hat grosse Schwierigkeiten gemacht, „da die Epochen der eruptiven Formationen noch nicht in allen Fällen mit hinreichender Gewissheit ermittelt worden sind." Allein diese Schwierigkeiten fallen ganz weg, wenn man „das jetzt ziemlich allgemein befolgte Verfahren" anwendet, „die Reihe der eruptiven Formationen ganz abgesondert nach der Reihe der Sedimentformationen in Betrachtung zu ziehen, und die Verbindung beider Reihen der Zukunft zu überlassen" (l. c. S. 75). Stecke den Kopf in den Sand, so sieht dich Niemand.

Zu den eruptiven Gesteinen rechnet man den primitiven Gneiss, den Granit, den Granulit, den Hornblendeschiefer, Glimmerschiefer, Quarzit, Chloritschiefer und Serpentin, beide letztere mit chemisch gebundenem Wasser, den Eklogit, und endlich auch noch den krystallinisch körnigen Kalk und Dolomit. Was diese beiden letzten betrifft, so ist schon oben nachgewiesen worden, dass dieselben nothwendig eine Umformung aus ächten Meereskalken sein müssen, da eine andere Entstehung des kohlensauren Kalkes auf der ganzen Erde nicht nachgewiesen werden kann, und ein primitiver oder ursprünglicher Zustand keine Berechtigung hat. Auf die Möglichkeit der Entstehung obiger Gesteine

aus Feuerfluss können wir ebenfalls nicht mehr zurückkommen, da alle Eigenschaften derselben und ihre Einschlüsse geradezu das Gegentheil beweisen. Es geht aber auch schlagend aus dem Gesagten hervor, dass niemals die Erde ganz und gar aus Silicatgesteinen bestanden haben kann, selbst nicht im Sinne der nassen Bildung, weil darin die ungeheuren Kalkgebirge keine Stelle finden. Der jetzt als Kalkgebirge vorhandene kohlensaure Kalk kann weder jemals ganz im Meere gelöst gewesen sein, noch Bestandtheil eines Silicatgebirges gewesen sein: das erste nicht, weil die Menge des Wassers nicht ausreicht, und weil in einer Flüssigkeit, aus der sich täglich kohlensaurer Kalk abscheidet, kein dauerndes Lösungsmittel desselben gefunden werden kann; das zweite nicht, weil die kalkhaltigen Silicate selbst veränderte Kalkgebirge sind; weil aus Kalkgebirgen durch Infiltration Silicatgebirge (glaukonitische Kreide, Schalstein, Kalkglimmerschiefer etc.) entstehen aber nicht umgekehrt.

Unter dem Namen Urschieferformation oder primitive Schieferformation hat man die mächtigen und weit ausgedehnten, aus Glimmerschiefer, Thonschiefer, Chloritschiefer und andern bestehenden Ablagerungen, welche gewöhnlich den primitiven Gneiss überlagern, und immer völlig frei von organischen Ueberresten sind, in das Urgebirge eingereiht. Zwischen diesem Urthonschiefer und den folgenden silurischen und devonischen Formationen ist kein anderer Unterschied, als dass der erste frei von organischen Resten ist. Dies ist offenbar nur eine Zufälligkeit, da Thiere an der Bildung von Thonschiefer keinen Antheil haben. So hat auch Sedgwick unter dem Namen des Cambrischen Systems eine Reihe von Schiefern aufgestellt, die, bis auf die oberen Schichten, keine Fossilien enthalten, dadurch aber nicht zu den azoïschen Thonschiefern gerechnet werden können. Wie wenig selbst Geologen ersten Ranges diese Unterschiede festhalten können, geht unter andern auch daraus hervor, dass Naumann (Geogn. 1,128) den Hunsrücken einmal zu den azoïschen, dann auf S. 379 aber zu der devonischen Formation rechnet, was doch bereits zugleich nicht zulässig ist.

Ueber die Bedeutung der krystallinischen Schiefer ist schon oben ausführlich gesprochen worden, und wir haben gefunden, dass die Metamorphosirung durch infiltrirende Flüssigkeiten lange nach der ersten Bildung des Thonschiefers geschehen sein müsse, und dass demnach kein Grund vorhanden sei, die umgewandelten Silicatschiefer zu den Urschiefern zu rechnen, vielmehr dass sie zu den jüngsten Veränderungen, die bis in unsere Zeit hinein reichen können, gehören. So sind die Worte Ur und Neu ganz aus der Geologie zu verbannen, da es kein Uranfängliches gibt und das Neue nicht neu bleiben kann.

Es liegt deshalb gar kein Grund vor, dem Urgebirge an sich ein höheres Alter, als den geschichteten Gesteinen zuzuschreiben, oder anzunehmen, dass es überhaupt sich jetzt nicht mehr bilden sollte, vielmehr beweist seine Gegenwart auf der Erde an so unzählig vielen

Stellen, dass es immer in gleicher Menge, als es durch Verwitterung zerstört wird, auch von unten wieder nachwachsen müssen. Ohne diese Annahme müsste entweder längst alles Urgebirge verschwunden sein, oder man müsste demselben rückwärts eine begränzte Dauer zuschreiben. Wenn nun auch im allgemeinen die Bildung der feldspathigen Gesteine tief im Innern der Erde liegt, so können doch auch unter Umständen die Bedingungen der Feldspathbildung höher hinauf rücken, wie wir an den durch Feldspath verkitteten Geschieben erkannt haben. Dadurch erklärt es sich auch, dass Gneisse und Granite unter Umständen vorkommen, welche ein späteres Alter, als das der unterliegenden Sedimentgesteine bekundet. So führt Naumann (Geogn. 2,169 u. flgde.) eine Menge Beispiele von jüngern Gneissbildungen in Sachsen bei Mobendorf und Mühlbach, über Silur liegend, bei Schönau, zu Münchenberg in Franken, in Norwegen, in den Alpen und sonst wo auf, die alle über Sedimentgesteinen, meist über Thonschiefer liegen. Ganz ähnliche Vorkommnisse finden sich vom Granit. Dies beweist demnach, dass die Bedingungen der Granitbildung vor, gleichzeitig und nach der Sedimentbildung, also mit andern Worten immer statt fanden, und dass nur in einzelnen Fällen die Bedingungen vorhanden waren, wo die granitbildenden Flüssigkeiten durch einige Schichten hindurch sich zwischen andern verbreiten konnten. Da kann natürlich von einer Altersvergleichung beider Gebilde nicht die Rede sein, und es ist einleuchtend, dass in den meisten Fällen die Sedimentgesteine über und nicht unter dem Granite liegen, weil das Ueberlagern nothwendig, natürlich und selbstverständlich ist, das Durchbrechen und Ueberlagern des Granits aber besondere günstige Bedingungen erfordert. Man hat aus der Thatsache des Auflagerns von Granit auf Sediment einen grossen casus gemacht und eine Zeit lang befürchtet, dass das ganze System der Formationen dadurch umgestossen werde, endlich aber die Thatsache als eine Ausnahme in das System aufgenommen, und sich dann wieder beruhigt. So sagt Naumann (Geogn. 2,189): „Gegenwärtig ist die Dethronisation des Granits ohne irgend eine Hoffnung auf Restauration, als eine vollendete Thatsache zu betrachten.“ Dieser Thron des Granits war aber nur ein schreibpapierner in den Systemen der Geologen, und daher der Umsturz leicht und gefahrlos.

Wir gehen nun zur Betrachtung der Sedimentgesteine über.

Silurisches System.

Die Siluren waren ein kleines Volk in England, welches Tacitus einmal in der Lebensbeschreibung seines Schwiegervaters Julius Agricola (Cap. 11) erwähnt, und welches in Wales wohnte, oder wie Tacitus sagt, Spanien gegenüber. Das in diesem Lande vorkommende Gesteinsystem hat Murchison als silurisches aufgestellt, und darin wieder ein unter- und obersilurisches System unterschieden. Die Basis des untersilurischen wird von einem feinkörnigen, sehr vielen Quarz enthaltenden Sandstein gebildet, der an einzelnen Stellen in Quarzit übergeht, und den man Potsdamsandstein genannt hat. Darauf liegt ein unreiner dolomitischer Kalk, der deutlich geschichtet ist und Thon und Kiesel und Quarzdrusen enthält. Man hat ihn auch Kalksandstein (calciferous sandrock) benamst; darauf folgt ein reiner blauer und grauer Kalk, der sehr wohl geschichtet ist, und viele Fossilien enthält. In diesem hat man drei Abtheilungen unterschieden und diese nach englischer Sitte die Kalke von Chazy, Birdseye und Blackriver, drei in der Geographie kaum bekannte Oertlichkeiten genannt. Darauf folgt ein schwarzer dolomitischer Kalk, bituminöser Natur, der eine Mächtigkeit von 100 Meter (wo?) haben soll und Trentonkalk genannt wurde. Grosse Mengen von Meerespflanzen, Muscheln, Schnecken, Krebse, aber kein Wirbelthier. Der Trentonkalk geht nach oben in einen bituminösen Schiefer von 25 Meter (wo?) Mächtigkeit über, welcher Uticaschiefer benannt wurde; das letzte Glied des untersilurischen Systems wird in New-York von einer 300 Meter mächtigen Schichte gebildet, welche den Namen Hudsongruppe erhalten hat. Es sind hellgrüne, feinkörnige Schiefer, graue Kieselsandsteine, der rheinischen Grauwacke ähnlich. Das obersilurische System beginnt in seiner Basis mit einer Gruppe von Sandsteinen, welche wenig erkennbare Versteinerungen haben; man unterscheidet hier den grauen Sandstein und das Quarzconglomerat von Oneida. Auf diesen beiden Schichten liegen rothe oder bunte Sandsteine, und darüber der Medinasandstein mit Wellenspuren, welche darauf hindeuten, dass er am Ufer des Meeres abgelagert wurde. Die Schichtengruppe von Clinton besteht aus rothem Sandstein und schiefrigen Thonen; darüber liegen bläuliche, ziemlich reine Kalksteine, die allmälig in den Niagaraschiefer übergehen, der ein thoniger Schiefer ist. Man nennt ihn auch wohl Niagarakalk, weil die berühmten Fälle darin stattfinden. Auf dem Niagarakalk liegt wieder eine Masse von 300 Meter Mächtigkeit, welche fast keine Versteinerungen enthält, die man die Onondagagruppe genannt hat. Es sind Schieferthone und Mergel, welche Bänke und Stöcke von dolomitischen Kalken, Anhydrit und Gyps enthalten und eine grosse Menge Salzquellen entspringen lassen. Darauf folgt wiede

ein Horizont (!) von Kalken, der untere Pentamerenkalk, dann eine Mittelschicht, Delthyrisschiefer, und dann der obere Pentamerenkalk.

Wenn man in gleicher Art das Vorkommen ähnlicher Gesteine in Asien, in der Bretagne, am Rhein, am Harz, in Russland beschreiben und benennen wollte, so würde daraus eine solche Masse von Namen und Unterscheidungen entstehen, dass das bereitwilligste Gedächtniss denselben nicht gewachsen sein könnte. Und was ist mit all diesen Unterabtheilungen gethan? Zunächst sieht man gar nicht ein, wodurch sich das untere von dem oberen silurischen System unterscheiden soll, da sich dieselben Schichtenreihen von Sandstein, Schiefer und Kalk in beiden wiederholen. Dann werden in diesen Systemen Dinge zusammengefasst, die niemals zusammenkommen können. Man darf über die Entstehung dieser Gesteine gar nicht nachdenken, wenn man dieselben so miteinander in Verbindung bringen will. Es ist klar, dass eine Kalkablagerung unter ganz anderen Verhältnissen und durch ganz andere Vorgänge stattfindet, als eine Sandstein- oder Thonschieferablagerung. Die Zeiten der Ablagerung müssen um Tausende von Jahren auseinander liegen, und dass sie mit einander in dieser oder jener Art abwechseln, ist rein Sache des Zufalls, und hat gar keinen wissenschaftlichen Werth zu wissen, wenn man überhaupt einmal weiss, dass die Meeresgebilde, Kalk, Sand und Thon beliebig oft und in jeder Reihenfolge sich überlagern können. Es kommen nun in diesen Schichten reine Kalke vor, die also noch unveränderte Meereskalke sind, dann wieder thonige und sandhaltige. Thon und Sand kommen aber vom Festlande und sind dem Meere ganz fremd, dagegen gerathen sie ins Meer, vermischen sich und bedecken die dort gerade vorhandenen Bildungen, und bilden so die Schichtenfolge, die wir nachher beobachten. Nun treten aber noch Umbildungen, Infiltrationen ein, welche die ursprüngliche Natur der Absätze wesentlich verändern. So sind also die sogenannten silurischen Bildungen nichts anderes als die Gebilde der Meeresküsten, wo Land- und Seebildungen zusammenkommen und sich ohne Gesetz, nach dem reinen Erfolge des Zufalls überlagern. Die in den einzelnen Gesteinen enthaltenen Thier- und Pflanzenreste bedingen nicht entfernt die Gleichzeitigkeit oder Verschiedenheit. Die Schale einer Muschel trägt allerdings zur Masse des Kalkgebirges etwas bei, es bleibt aber immer sehr zweifelhaft, aus welchen Thieren die Hauptmasse des Gebirges, welches keine Formen zeigt, entstanden sei. Bei Sand- und Thonablagerungen ist es aber anders. Kein Thier kann aus denselben Stoffen, wie Sandstein und Thonschiefer, bestehen, und deshalb sind die darin vorhandenen Abdrücke als zufällig anzusehen. Es sind gleichzeitig lebende Thiere, deren Körper in den noch weichen und unzusammenhängenden Schichten verschüttet wurden, und die durch vollständige Wegführung ihres Körpers nur den Eindruck ihrer Gestalt, zuweilen auch Reste von kohlensaurem Kalk hinterlassen haben. Der Schluss aus der Gleichartigkeit

der Thierformen auf die Gleichzeitigkeit der Bildung zweier Gesteine in Europa und America ist aber sehr zweifelhaft.

So lange es Land und Meer gab, waren auch Flüsse vorhanden, welche ihren Schlamm in das Meer ergossen. Die älteste Grauwacke hat ganz dieselbe Entstehung, wie die sich täglich in Flussdeltas absetzenden Schlammschichten. Dass wir aber in dem Schlamm des Nils und des Orinoco nicht dieselben Thiere und Pflanzen finden, wie in dem Schlamm des Rheines und der Weichsel, liegt auf der Hand, und dennoch entstehen beide gleichzeitig. So ist natürlich, dass das rheinische Schiefergebirge längere Zeit in dieser Gestalt besteht, als die Schlammablagerungen an den Mündungen des Rheins und der Maass. Denn der durch Verwitterung im rheinischen Schiefergebirge losgerissene Detritus wird in der Nordsee zu Schichten eines neu zu bildenden Schiefergebirges niedergelegt. Gerathen nun solche Schlammlagen in der Nordsee über Kalkablagerungen, und wird auch einmal wieder Dünensand in das Meer gespült, so ist einzusehen, dass sich ein neues silurisches System zu unseren Lebzeiten gerade so bilden werde, wie sich das alte gebildet hat, nur können wir nicht hinzutreten, um es zu beobachten. Die Massen sind noch nicht erhärtet, die kieseligen Sandkörnchen noch nicht durch Kieselsäure verkittet, allein das wird sich alles finden, wenn diese Gemenge längere Zeit gelagert haben.

Das Devonische System beruht auf denselben schwachen Füssen. Die unterste Schichte wird von einem quarzigen Sandstein gebildet, der hier und da in wahre Grauwacke übergeht, und der Grauwacke am Rhein täuschend ähnlich ist. Auch hier sind die vielen Versteinerungen, welche er enthält, stets nur in Form von Abgüssen und Eindrücken vorhanden, die Schalen selbst aber verschwunden. Dies beweist, das die Schalen nichts zur Gesteinsbildung beitrugen, wie beim Kalk, sondern zufällig sind. Die vorwiegenden Fossilien in diesem Oriskany-Sandstein sind Spiriferen, darunter Spirifer macropterus, welcher auch in der rheinischen Grauwacke vorkommt, wodurch diese zum devonischen System gezogen wurde. Darauf folgen zwei eigenthümliche, zwischen Sandstein und Grauwacke schwebende Gruppen, welche bei geringer Mächtigkeit sich durch braune Farbe, ein feines Korn und ein kalkiges Bindemittel auszeichnen. Von eigenthümlichen Pflanzenabdrücken in Form eines Hahnenschwanzes hat dieser Sandstein den Namen Hahnenschwanzsandstein erhalten. Ueber diesem liegt ein grauer, etwas krystallinischer Kalk, der häufig kieselig wird, viele Seelilien und wahre Korallenriffe enthält und Onondagakalk genannt wird. Er ist schwer zu unterscheiden von einem andern darüber liegenden Kalke, welchen die Americaner Hornkalk nennen, weil er kieselige Concretionen, Hornsteine (wie die spätere Kreide Feuersteine) enthält. Die Korallen fehlen gänzlich in diesem Kalke, der dagegen eine grosse Anzahl Trilobiten, Kopffüssler und Muscheln enthält. Auf diesem Kalksteine, der einen „vortrefflichen geognostischen Horizont“ liefert, folgt eine Gruppe san-

diger und schiefriger Gesteine, deren unterste Lage Marcellusschiefer getauft wurde, schwarze, sehr erdpechhaltige Schiefer von 20 Meter Mächtigkeit. Darüber liegt der Hamiltonschiefer, olivengrüne, zuweilen in förmlichen Sandstein übergehende Schiefer, mit vielen Muscheln, aber ohne Trilobiten und Goniatiten. Darauf folgt der sogenannte Tullykalk, der durch seine grosse Beständigkeit wieder einen Horizont bildet. Darauf folgt eine Sandsteinzone, die Portagruppe, von 100 bis 300 Meter Mächtigkeit. Die Sandsteine sind äusserst feinkörnig und wechseln stark mit glimmerhaltigen Schieferthonen ab. Sie enthalten wenig Fossilien. In der obersten Schichte des Devonischen Systems zeigen sich dunkelrothe, vielen Glimmer enthaltende Sandsteine, stellenweise liegt darauf das Steinkohlensystem, etc.

Das Devonische System ist sehr ausgebreitet, was uns nicht Wunder nimmt, da Meer und Land auch sehr ausgebreitet sind. In jedem Lande finden sich verschiedene Reihenfolgen der Gesteine, und deren genaue Beschreibung könnte Jedermann zur Verzweiflung bringen. Es finden sich nothwendig solche Ablagerungen an allen früheren Meeresküsten, wo sie nicht durch spätere oberflächliche Wirkungen wieder zerstört sind. Der Hauptcharacter ist eine Meeresuferbildung mit abwechselnden Schichten von Land- und Seegebilden. Der Sand und Thonschlamm kommt vom Lande, der Kalk vom Meere. Es gilt hier alles, was wir von dem silurischen System gesagt haben. Altersbeziehungen finden nur dann statt, wenn sich die Schichten wirklich überlagern. Ein eigentlicher Unterschied zwischen Silurisch und Devonisch existirt nicht, denn dieselben Gesteine kommen in beiden vor, und die eingeschlossenen Thierformen beweisen nur für die Gleichzeitigkeit dieser Thiere, nicht aber für ihre Theilnahme an der Bildung der Gebirgsmasse. Man war deshalb auch nicht sicher, ob das rheinische Grauwackengebirge zum silurischen oder devonischen System gehöre, und um diesen Zweifel zu lösen, hat man es als ein besonderes rheinisches System aufgestellt. Auf dem Papier muss man es natürlich über oder unter das devonische System setzen, was Jeder nach Belieben thun kann. Zum rheinischen System kann aber vernünftiger Weise nichts gehören, als die rheinische Grauwacke von Bingen bis Bonn. Dass man den an der Lahn vorkommenden ächten Meereskalk devonischen nennt und mit der Grauwacke in ein System bringen will, ist wegen der ganz verschiedenen Entstehungsart der Kalke und Thonschiefer unzulässig. Weit richtiger hätte man ihn nassauischen Kalk genannt. Dass er aber mit dem devonischen Kalk, und überhaupt allen Meereskalken einerlei Art der Entstehung habe, kann nicht bezweifelt werden. Die vielen in diesen Schichten vorkommenden positiven und negativen Thierformen haben das Gemeinschaftliche, dass sie sämmtlich nicht mehr bestehen, sondern in Uebereinstimmung mit der Darwin'schen Ansicht im Laufe der Zeit ausgegangen und durch neue ersetzt worden sind. Für jene Ge-

steine haben sie keine andere Bedeutung, als dass sie gleichzeitig mit deren Bildung gelebt haben und darin vergraben wurden.

Die beiden Systeme der silurischen und devonischen Formation hat man auch unter dem Namen des Uebergangsgebirges zusammengefasst, weil sie, wie man glaubte, den Uebergang von den plutonischen zu den sedimentären Gebirgen bildeten. Das ist aber nicht richtig, denn diese Thonschiefer und Grauwacken machen keinen Uebergang, sondern sind im eigentlichsten Sinne selbst schon das ächteste Flötzgebirge und neben dem Sandstein das einzige, was auf der Erde vorkommt. Will man dem Worte „Uebergangsgebirge" einen Sinn unterlegen, so dürfte man dafür nur die in Glimmerschiefer, Chloritschiefer und andere Formen umgewandelten Thonschiefer verstehen, welche nach der älteren Ansicht halb eruptiv, halb sedimentär sind, und demnach einen wirklichen Uebergang der Stoffe bilden, der Zeit nach aber später als die Ablagerung der reinen Sedimente fallen.

Ebenso hat man diese älteren Thonschiefer- und Grauwackengebilde mit dem Namen primäre, dann die Reihe von der Steinkohle an bis zur Kreide incl. als secundäre, und die darauf folgenden als tertiäre bezeichnet, und einige haben die heutigen Bildungen schon als quartäre aufgeführt. Diese Eintheilung ist sehr einfach, weil man so im Laufe der Zeit das Dutzend voll machen könnte, nur hat sie das Unbequeme, dass die neuen Dinge mit der Zeit einmal alt werden, und dann ihre Namen nicht mehr passen. Man könnte sich die Frage stellen, wann die tertiäre Zeit eigentlich zu Ende gehen müsse, würde aber auf der heutigen Erde vergeblich nach einem Abschnitte suchen, weil alles so ruhig und unverändert von einem Tage zum andern weiter geht. Es bliebe dann nichts übrig, als einen bestimmten Zeitpunkt dafür festzusetzen, etwa das Jahr 5000 unserer Zeitrechnung, und dann alle 5000 Jahre weiter eine neue Formation.

Das Steinkohlensystem.

Dazu rechnet man in geologischer Beziehung nicht blos die Steinkohle, sondern auch den sogenannten Kohlenkalk (Calcaire carbonifère, Mountain limestone) und den Kohlensandstein (Grès houiller, Carboniferous grit) vgl. S. 101 flgd.

Der Kohlenkalk bildet die untersten Schichten der Formation und ist offenbar ein Meereskalk. Man findet in ihm Versteinerungen von Seethieren in Menge, aber nur hier und da Schmitzen von Steinkohlen,

die nicht bauwürdig sind. Der Kohlenkalk ist gewöhnlich grau. blau, seltener weiss oder schwarz, meist dicht, bituminös, stinkend, oft kieselig, bisweilen dolomitisch oder oolithisch. Gewöhnlich hat er mächtige Schichten, vielfache Zerklüftungen und bildet deshalb schroffe Wände, scharfgeschnittene Schluchten und mannigfaltige Höhlen. Selten findet sich an seiner Basis Anhydrit, Gyps und Kochsalz.

Der Kohlensandstein beginnt oft mit groben Conglomeraten und Breccien, und geht dann in grauliche, weisse oder gelbliche feste Sandsteine mit kieseligem Bindemittel über.

Die Schieferthone sind weich, oft glimmerig, meist braun oder schwarz, seltener roth und zwischen ihnen kommen oft sehr feste, dunkle Thonschiefer, Alaunschiefer und bituminöse Brandschiefer vor. Im Hangenden der Kohlenflötze zeigen sich oft innerhalb des Schiefers Lager und Nieren von Thoneisenstein und Sphärosiderit, der neben der Kohle einen wesentlichen Reichthum des Kohlengebirges darstellt. Kohlensandstein und Schieferthon enthalten nur selten Reste von Seethieren, dagegen eine Menge Versteinerungen und Abdrücke von Pflanzen und solchen thierischen Geschöpfen, welche in Brakwassern, Sümpfen, Morästen und auf dem trocknen Lande lebten.

Die eigentlichen Steinkohlenflötze bilden innerhalb dieser Sand- und Thonschichten bestimmte, für sich bestehende Schichten, über deren Entstehung an einem andern Orte gesprochen worden ist (S. 99).

Betrachten wir nun dies Kohlensystem genauer, so sehen wir, dass auch hier wieder ganz Ungehöriges zusammengefasst wird. Die Kalkbildung ist, wie wir wissen, auf Ablagerung von Thieren, die Steinkohlenbildung auf Ablagerung von Pflanzen, der Sandstein auf Ablagerung von Sand und Detritusbildungen zurückzuführen. Alle diese Vorgänge haben zu ganz verschiedenen Zeiten stattgefunden, wie ihre Ueberlagerung beweist, und als die Steinkohlenablagerung anfing, hat die Kalkablagerung aufgehört, weil Schalthiere nicht mehr auf den vermodernden, reichlich Kohlensäure entwickelnden Pflanzenresten leben konnten. Dass diese drei Formationen auch praktisch nicht zusammenhingen, geht aus der andern Thatsache hervor, dass in dem devonischen System auch bauwürdige Lager von Steinkohlen vorkommen, ja sogar in allen späteren Formationen (vgl. S. 140), dass Kohlenkalk und Kohlensandstein auch ohne Kohle vorkommen.

Die in Meeresströmungen fortschwimmenden und endlich auf dem Hochmeer versinkenden Meerespflanzen lagern sich, gleichgültig auf welchen Meeresgrund. Die Unterlage der Steinkohle hat gar keine Beziehung zu dieser. So findet sich allerdings auch der seltene Fall, dass Steinkohlen auf Gneiss (Frankreich) aufliegt, weil in der That dieses Gestein selten ohne Bedeckung auf dem Meeresboden auftauchen kann. Wenn aber Gneiss aus dem Innern der Erde durch tiefere Gesteinbildung über den Meeresboden gehoben wird, so ist kein Grund vorhanden, warum nicht auch versinkende Tange auf ihm sich ablagern könnten,

nur wird der Fall viel seltener sein, als die Ablagerung auf Kalk, weil dieser eine sehr verbreitete natürliche Meeresbildung ist (vgl. S. 109).

Das permische System

soll unmittelbar auf dem Steinkohlensandstein liegen und mit dem rothen Todtliegenden beginnen, einem meist rothen, zuweilen grünen oder grauen Sandstein, mit thonigem Bindemittel. Er ist oft 800 Meter mächtig. Oft wird es mit den Sandsteinen des devonischen Systems und selbst höher liegenden, dem bunten Sandstein, verwechselt, was nicht schlimm ist. Darüber liegt ein weisser Sandstein, das Weissliegende, von geringerer Mächtigkeit. Er hat ein sehr feines Korn, und enthält ausser Sand auch noch Kalk und Thon. Zunächst darüber folgt in Deutschland ein schwarzer bituminöser Thonschiefer, der oft stark mit Erdpech geschwängert ist und ziemlich leicht brennt, auch zu Darstellung von Erdöl verwendet wird. In diesem Schiefer, der reich an Eindrücken fossiler Fische ist und Versteinerungen von Reptilien enthält, findet sich unsichtbar in der Masse zerstreut eine bedeutende Menge Kupfererz, meist Kupferkies, wegen dessen er im Mansfeldischen ausgebeutet wird. Man nennt ihn auch deshalb Kupferschiefer. Er enthält meist 2 bis 3, selten bis 16 und 18 $\frac{0}{0}$ Kupfererz. Nach oben geht dieser Kupferschiefer allmälig in einen grauen, glimmerigen Mergelschiefer über, der noch bituminös ist und Dachflötz genannt wird. Darüber liegt der Zechstein, ein thoniger, grauer Kalkstein mit erdigem Bruche und etwas Bitumengehalt Die obere Abtheilung des Zechsteingebirges wird an ihrer Basis von der Rauchwacke gebildet, einer Schichte von 10 bis 15 Meter Mächtigkeit. Es ist ein Dolomit mit bedeutendem Gehalte an Bittererde, von rauchbrauner und grauer Farbe. Selten ist er oolitisch, meist splittrig im Bruch, selbst breccienartig. Ueber der Rauchwacke liegt eine Schichtenfolge mannigfach veränderter Kalksteine; zuerst ein leicht zerreiblicher, pulveriger dolomitischer Kalk, der im Mansfeldischen den Namen Asche führt. Er geht allmälig in einen Stinkstein über, einem grauen oder gelben Dolomit, der beim Zerschlagen einen starken unangenehmen Geruch entwickelt, wodurch er auch Stinkstein genannt wird, der in den oberen Lagen mit Gyps und Anhydrit abwechselt. Im Gypsgebirge kommen ausgewaschene Höhlungen vor, sogenannte Schlotten, welche lange Züge bilden, und durch das Einstürzen ihrer Dachgewölbe Erdfälle und Landseebecken verursachen.

Das Ansehen der ganzen Formation zeigt eine grosse Mannigfaltig-

keit der mineralogischen Beschaffenheit bei geringer Mächtigkeit, mit viel bituminösen Stoffen, phosphorsauren Salzen, Dolomit, Gyps, Steinsalz etc.

Es ist auch hier einleuchtend, dass kein eigentlicher Zusammenhang zwischen den einzelnen Schichten stattfindet. Der Kupfergehalt muss als rein zufällig angesehen werden, und kann wohl zur Bezeichnung, aber nicht zur Erklärung der Bildung dienen. Dass hier einmal ein Meeresbecken ausgetrocknet sei, geht aus dem Gyps, Anhydrit, den phosphorsauren Salzen, und dem grossen Gehalte an Bittererde hervor. Aus Meerwasser kann sich nur Gyps und kein anderes Kalksalz durch Austrocknung absetzen. Wenn nun nebenbei noch Kalksteine und Thonschiefer und das Todtliegende sich darin vorfinden, so sind noch andere Vorgänge thätig gewesen. Bildung von Meeressand durch Brandung, und Austrocknung eines Meeresbeckens sind gar nicht mit einander in Einklang zu bringen und müssen zu verschiedenen Zeiten stattgefunden haben. Es liegt also auch hier kein wirkliches System vor, sondern nur eine beliebige Eintheilung von aufeinanderfolgenden Schichten. Die Abgränzungen aller vorher beschriebenen sog. Systeme ist vollkommen willkührlich. Es ist gar kein Grund vorhanden, warum eine gewisse Schichte zum unterliegenden oder zu dem nächst darauffolgenden System soll gezählt werden. Die Natur hat in diesem Sinne keine Capitel und Paragraphen.

Die bisher betrachteten Systeme vom silurischen bis zum permischen fasst man auch allgemein unter dem Namen der palaeozoischen Gruppe zusammen. Es hat sich weder ein Thier noch eine Pflanze bis in die Jetztzeit erhalten, was uns nicht in Verwunderung setzen kann. Man hat geglaubt, dass in jenen Zeiten die Erde eine höhere Mitteltemperatur gehabt habe, als in der jetzigen. Zu dieser Annahme ist kein Grund vorhanden. Die ausgebreitete Vertheilung derselben Pflanzenformen über die verschiedensten Zonen beweist nur, dass die Pflanzen durch Meeresströme in ferne Gegenden getragen wurden, wie noch heute, und eine nicht ins Wasser gelangende Pflanze konnte damals so wenig wie heute erhalten werden, wenn es auch der mächtigste Eichbaum gewesen wäre. Alle lebenden Wesen sind nach ihrem Tode nicht zur Erhaltung, sondern zur Rückkehr in den Kreislauf bestimmt, und was sich erhalten hat, ist gegen den richtigen Lauf der Natur oder findet im Laufe der Zeit seine Rückkehr.

Selbst in den zu einem Systeme gehörigen Schichten findet man häufig ganz verschiedene Thierformen. Dies beweist für die ungeheure Zeit, um welche die einzelnen Schichten eines Systems auseinanderliegen; und wenn auch einmal eine besondere Thierspecies in senkrechter Richtung in mehreren Systemen vorkommt, so spricht dies entweder für die Dauerbarkeit der Species, oder für einen Irrthum in unsern Schlüssen. Wenn z. B. Chonetes sarcinulata im obersilurischen, devonischen und Kohlensysteme vorkommen soll, so ist ja damit nicht gesagt, dass dies

zu verschiedenen Zeiten geschehen sein musste, denn die beiden ersten Systeme liegen meist weit auseinander, wodurch jede Zeitvergleichung von selbst wegfällt, und man könnte mit gleichem Rechte aus der Gegenwart desselben Thieres in 3 Formationen schliessen, dass sie gleichzeitig stattgefunden hätten, als dass das Thier diese 3 Epochen hindurch gedauert habe. Allein das Dogma von der Einheit der Zeit derselben Bildung über die ganze Erde kann damit nicht bestehen.

Secundäre Gebilde.

Zu diesen rechnet man das Triassystem, das jurassische und Kreidesystem.

Das triasische System besteht wesentlich aus 3 Schichten: dem bunten Sandstein, dem Muschelkalk und dem Keuper.

Der bunte Sandstein, wie er in der Umgebung des Schwarzwaldes und der Vogesen vorkommt, zeigt gewöhnlich eine dunkelrothe Farbe mit grosser Entwicklung des thonigen Bindemittels. Das Korn ist gewöhnlich sehr fein, Glimmer in grosser Menge vorhanden, blättrige Thonschichten von grüner und rother Farbe trennen die einzelnen Bänke, die in den unteren Schichten mächtiger sind, als in den oberen, in welchem bei zunehmender Dünne der Schichten Thone und Glimmer die Oberhand gewinnen. Die unteren Schichten geben einen vortrefflichen Baustein ab, aus dem die Dome in Strassburg, Basel, Freiburg, Speier, das Heidelberger Schloss u. a. gebaut sind. Durch seine tiefrothe Farbe, die an der Luft durch eine dünne Schichte von Braunstein ins braunrothe übergeht, verdient er auch in malerischer Beziehung vor andern Materialien den Vorzug, so wie er auch durch seine Festigkeit und den Widerstand gegen Verwitterung unschätzbar ist. In den höheren Schichten werden die Sandsteinplatten dünner und gehen in Sandschiefer über und machen zuletzt den Schieferletten Platz. Die Mächtigkeit ist sehr bedeutend, von 300 bis 500 Meter. An den Ufern des Rheins von Basel bis über Trier hinaus spielt der bunte Sandstein eine bedeutende Rolle. Die Ostseite des Schwarzwaldes ist fast ganz von ihm bedeckt. Im Neckar- und Mainthal ist er sehr verbreitet. Zu Heidelberg bildet er den auf Granit ruhenden Königsstuhl von 1800 Fuss Höhe. Der bunte Sandstein ist sehr arm an Versteinerungen und die vorhandenen sind zufällig und unwesentlich. Pflanzenversteinerungen bei Sulzbad (bei Strasburg) deuten auf eine eigenthümliche Flora jener Zeit.

Der Muschelkalk hat seinen Namen von der ungemeinen Menge Mu-

scheln und Enkrinitenstückchen, welche in ihm abgelagert sind. Im Allgemeinen ist er ein compacter Meereskalk von muschligem Bruche und rauchgrauer Farbe, die zuweilen ins Gelbliche übergeht. Nur selten bietet er oolithische Structur, dagegen ist er häufig mehr und minder dolomitisch, besonders in den unteren Schichten, wo er in förmliche erdige Dolomite übergeht, die mit Gyps und Salzthonen vergesellschaftet sind. Man theilt die ganze Formation in zwei Gruppen, die untere Anhydritgruppe, welche Steinsalzlager enthält, und die obere, den Hauptmuschelkalk. Die Anhydritgruppe wird aus dunkelfarbigem Thon, dolomitischen Mergeln und schiefrigen Dolomiten gebildet; darüber liegt ein dolomitischer Kalk, der Wellenkalk, worauf das eigentliche Salzgestein, Thone, Anhydrit, Gyps und Dolomit, ruht. Der Anhydrit ist meist lichtgrau oder weiss, zuweilen von Bitumen durchdrungen. Der Salzthon, welcher gewöhnlich die unmittelbare Hülle des Steinsalzes bildet, ist dunkelschwarz oder grau, sehr weich, von Salz durchdrungen, welches hier einzelne Stöcke und Lager bildet. Hierin liegen die Soolquellen der Würtembergischen Salinen. Der Keuper ist ein mergeliger Sandstein von sehr unsicherer Beschaffenheit, wegen der grossen Mannigfaltigkeit und der Nähe des Kochsalzes, welches er zuweilen einschliesst. Das Steinsalz in Lothringen soll im untern Keuper liegen. Das Bohrloch von Dieuze ergab auf 209 Meter Tiefe 13 Schichten Steinsalz von 58,3 Meter Gesammtmächtigkeit und 13 Zwischenlager von Anhydrit, Gyps und Mergel.

Es bedarf dabei kaum einer Andeutung, dass das System der Trias sehr unglücklich gegriffen ist. Sandsteinablagerung, Kalksteinbildung und Steinsalzaustrocknung kann wohl nicht zusammengehören. Jedes einzelne schliesst die beiden Andern aus.

Der Sandstein musste längst gebildet sein, ehe der Kalk sich ablagern konnte, und Steinsalzbildung kann nicht im offenen Meere stattfinden.

In dem bunten Sandstein fand Hitchcock im Thale des Connecticut die Fussspuren eines Thieres, welches auf zwei Füssen ging. Die Spuren waren 15 Zoll lang und die Schritte 4 bis 6 Fuss lang, also grösser als beim Strauss. Es muss also ein riesiger Vogel gewesen sein. In den Thonschichten, die mit dem bunten Sandstein abwechseln, fand man bei Hildburghausen die vertieften Abdrücke eines Vierfüssers, dessen Fuss vier Zehen und einen weit abstehenden nagellosen Daumen hatte. Diese Thiere gingen offenbar auf dem noch weichen Sande spazieren, und nur der ungeheure Zufall ist zu bewundern, durch welchen solche Eindrücke erhalten werden konnten.

Das Jurassische System

besteht aus 5 Specialgruppen: dem Lias, der Bathgruppe, der Oxfordgruppe, der Portlandgruppe, der Wäldergruppe. Eine genauere Beschreibung der einzelnen Gruppen constatirt in England 23 verschiedene Schichten, unter denen diejenige, welche den Jura bildet, kaum herauszufinden ist, wenn es nicht Nr. 17, der Coralrag, ist. Die Scheidung des jurassischen Systems von dem darunter liegenden Knochenbett des Keupers ist aus der Luft gegriffen, denn der untere Liasschiefer kann ebensogut zum vorangehenden als folgenden gerechnet werden. Darauf folgt der Liaskalk oder Gryphitenkalk, dem die sehr häufig vorkommende Gryphaea arcuata als Leitmuschel dient. Die unteren Schichten des Lias sind weiss, die oberen mehr blau, was von organischen Stoffen herrührt Darüber folgt eine Schichte brauner oder blaugrauer Thonmergel, die schiefrig abgesondert sind, dann ein schwarzer, bituminöser Liasmergel, selbst mit kleinen Lagern schlechter Steinkohlen, mit manchen versteinerten Pflanzen, die sich von denjenigen der eigentlichen Steinkohlen unterscheiden und der eigenthümlichen Flora des Lias angehören. In wiefern ein Meereskalk eine Flora haben könne, wird nicht auseinandergesetzt.

Die Bathgruppe umfasst einen mergeligen Sandstein, einen Eisenoolith und oolithigen Quadersandstein. Darüber kömmt Walkererde, welche oft 40 bis 50 Meter mächtige Lager bildet. An andern Orten fehlt die Walkererde und wird durch blasse grobe Sandsteine ersetzt. Darauf folgt ein mächtiges Kalklager, der grosse Oolith, mit oft wechselnden Schichten von Polypen- und Korallenbänken; darüber der Plattenschiefer, ein mergeliger Sandstein mit losen Sandlagern, dann wieder eine neue Thonschicht, der Bradfordthon, meist von blauer Farbe, mit nierenförmigen Eisensteinen und thonigen Oolithen, dann noch eine Anzahl unbedeutender Ablagerungen von rein lokalem Character, mit deren genauer Beschreibung unmöglich der Wissenschaft ein Dienst geleistet sein kann.

Die Oxfordgruppe beginnt mit einem weichen, kalkigen Sandstein mit mergeligen Zwischenlagen unter dem Namen Kelloway-rocks, darüber der eigentliche Oxfordthon, dann ein kalkiger Sandstein (Calcareous grit), dann der Korallenkalk, der an vielen Orten mit dem Oxfordthon die ganze Gruppe ausmacht.

Die Portlandgruppe enthält ein mächtiges Lager des Kimmeridge-Mergels und den Portlandkalk, einen festen Kalk mit erdigem Bruche, körnig und oolitisch, von weisser und grauweisser Farbe. In seinen obern Schichten wird der Portlandkalk sandig mit Zwischenlagern von Schiefern und Thonen, die letzte Schichte der Formation bildet die Wäldergruppe, hauptsächlich in Sussex vorkommend, von

einigen zum Jura, von andern zur Kreide gerechnet, beides mit gleichem Recht. Darin werden aufgeführt die Purbeckschichten, aus dünnem, bläulichem Kalke bestehend, der in London seit langer Zeit als Trottoirsand benutzt wird, der Hastingssand, aus eisenschüssigem Quarze bestehend, und der Wälderthon, dessen Sand- und Kalkschichten allmälig in einen bläulichen Töpferthon übergehen, worin nur Formen von Süsswasserthieren vorkommen. Was soll nun derjenige, welcher die Geologie erkennen mögte, aus diesem zusammengewürfelten Material machen? Mephisto würde sagen: Sucht nur die Menschen zu verwirren, sie zu belehren ist schwer. Etwas Unbegreifliches muss man entweder für eine höhere Weisheit, oder für einen Unsinn halten. Die Entstehung des jurassischen Systems, wie die englischen Geognosten es beschreiben, kann kein Mensch begreifen. Es ist gar nicht einzusehen, wie reine Meereskalke, die von Seethieren wimmeln, mit der Walkererde, dem Wälderthon zusammenkommen, welche doch nur Zersetzungsproducte feldspathhaltiger Landgesteine sein können. Wenn sie übereinander liegen, so ist doch ihre Bildung weder durch denselben Vorgang, noch zu derselben Zeit geschehen. Damit, dass man diese Schichten zusammen nennt, ist ja nichts erklärt, im Gegentheil eine neue Aufgabe geschaffen, von der die Natur nichts weiss. Jede dieser Schichten hat ursprünglich ihre besondere Entstehungsart gehabt, die von den jedesmaligen Umständen abhängig war, und die bei sich überlagernden Schichten niemals gleichzeitig sein konnte. Nachher haben die einzelnen Schichten noch aufeinander gewirkt durch Gegenwart von Wasser und Kohlensäure, und es sind Veränderungen entstanden, die durch die ursprüngliche Bildung gar nicht gedeutet werden können Wer kann nun jetzt die Entstehung der einzelnen Schichten bei nicht mehr vorhandenen Verhältnissen erklären, und die nachherigen Veränderungen von den ursprünglichen Eigenschaften trennen? Man muss sich zufrieden geben, von den einzelnen grossen Bildungen einen klaren Begriff zu haben, und sich dann bei den unendlichen Verschiedenheiten, welche die Natur zeigt, mit bescheidenen Muthmassungen begnügen. Manches erklärt sich nachher von selbst und ganz leicht, was bei dem ersten Blicke räthselhaft erschien. Aber die Zumuthung, etwas Unbegreifliches fassen zu sollen, muss man mit der grössten Bestimmtheit von sich ablehnen.

Die Juragebilde enthalten die ausgezeichnetsten Reste von Meerthieren, Ammoniten, Belemniten, Fische und besonders unter den Reptilien die Meersaurier. Diese haben vier Ruderfüsse, deren handartige Verlängerung, aus einzelnen rundlichen Knochenstücken zusammengesetzt, ein plattes Ganze ohne Krallen und Fingerabtheilungen bildet; spitze, kegelförmige Zähne, welche in einer langen vertieften Rinne längs der Kiefer stehen, aber noch in eigenen Zahnhöhlen, wie beim Krokodile, stehen. Der Kopf hat grosse Aehnlichkeit mit dem Krokodilkopf, die flossenförmigen Ruderfüsse stehen zwischen Fisch und Eidechse, die

Wirbel haben wieder Aehnlichkeit mit den Fischen. Das fabelhafte Geschlecht der Fischeidechsen, Ichthyosauren ist nicht mehr auf der Erde. Sie erreichten bis 40 Fuss Länge, hatten einen dicken Hinterkopf mit spitzer Schnauze, in welcher 120 bis 160 spitze, kegelförmige, längsgestreifte Zähne sitzen, die beim Schliessen des Mundes in einandergreifen. Die Augenhöhlen sind ungeheuer gross, kreisförmig, und in ihnen befindet sich meist ein becherförmiger Knochenring, aus mehreren einzelnen Stücken zusammengesetzt, der eine mittlere runde Oeffnung lässt und offenbar in der weissen Augenhaut, der Sclerotica, eingebettet lag, wie es noch bei Schildkröten der Fall ist. Der Hals der Thiere war äusserst kurz, geradegestreckt und aus 4 bis 5 Wirbeln bestehend. Die vorderen Flossenfüsse waren stärker als die hintern und der Schwanz verhältnissmässig kurz zu einem so riesenhaften Thiere.

Eine noch seltsamere Form zeigt der Plesiosaurus, der sich durch einen langgestreckten, sehr biegsamen Hals auszeichnet, und dessen vordere Hälfte einer Schlange gleicht. Die Ruderfüsse sind länger als bei dem Ichthyosaurus, der Schwanz kürzer. Das Thier schwamm wahrscheinlich wie ein Schwan mit S förmig gebogenem Halse. Er lebte von Fischen, wie der Ichthyosaurus, mit deren Skeletten er zusammen gefunden wurde.

Im Solenhofener Kalke fand sich auch auf einer Druckschieferplatte der Abdruck einer vorweltlichen Fledermaus, des Pterodactylus crassirostris, und ein Vogel, Archaeopteryx macrura Owen. Alle diese Thiere haben in geologischer Beziehung keine Wichtigkeit, da sie zum Baue der Gebirge nichts beitragen, ja sogar, wie der Pterodactylus und der Vogel als Landthier nur zufällig hineingekommen sind, während die Saurier, im Wasser lebend, schon eher ins Meer gelangen konnten. Es ist aber auch die Gestalt und Grösse dieser Thiere nicht wunderbarer und bedeutender, als vieler noch jetzt auf der Erde lebender Thiere, so dass zu solchen phantasievollen Beschreibungen der vorweltlichen Thiere, wie man sie vielfach in geognostischen Bilderbüchern findet, keine Veranlassung vorliegt.

Gesetzt auch, man fände den Pterodactylus in einer andern Felsart, z. B. in Sandstein oder Thonschiefer, so würde man mit grossem Eclat die Gleichzeitigkeit dieses Sandsteins mit dem Solenhofener Jurakalk proclamiren. Was hätte man damit gewonnen, als die unbedeutendste, weil allgemeinste Thatsache von der Welt. Noch heute entstehen Thonschiefer und Kalk im Mississippi-Delta und dem mexicanischen Meerbusen dicht neben einander, und man kann die heutige Zeit weder ausschliesslich zu der Kalkformation, noch zu der Thonschieferformation rechnen. Wenn diese Thatsache so wichtig wäre, so sollte man alle jetzt in Bildung begriffenen Schichten mit Etiquetten versehen, damit künftige Geologen doch wenigstens von jetzt an actenmässige Feststellung der Gleichzeitigkeit erhielten. Wenn sich nun aber einmal ein Pterodactylus im geschütteten Lande, also im sog. Diluvium fände, so würde

sich daraus der Schluss ergeben, dass dieses Diluvium gleichzeitig mit dem Jurakalk entstanden sei, und damit würde die angenommene Lehre von dem Jüngersein des Diluviums gegen Kreide und Jura einen Stoss erhalten. Wenn es nun aber unmöglich wäre, dass ein so dünnes Skelett, wie das des Pterodactylus sich in dem Erddetritus erhalten könnte, wo kaum zwei zusammengehörige Knochen des Mammuths und Dinotheriums neben einander liegen geblieben sind, so könnte die Lehre von dem Jüngersein des Diluviums gegen Jura dennoch ein Irrthum sein, ohne dass man einen Pterodactylus im Diluvium gefunden hätte.

Die Kreide.

Zur Kreideformation werden von den Geologen eine Anzahl geschichteter Ablagerungen gerechnet, die eben so ungleichartig sind, wie bei den früheren Systemen. Es kommen darin Sandsteine, Mergel, Kalke vor, unter denen die bekannte Kreide den Namen hergegeben hat. Es ist ein ächter Meereskalk, welcher zu frühzeitig gehoben worden ist, um in dichtes Kalkgestein übergehen zu können. Es ist oben (S. 54) nachgewiesen worden, warum die Kreide nothwendig überall als jüngere Bildung erscheinen müsse.

Die Abwechslung und Natur der Schichten ist in allen Ländern abweichend, so dass man eine Beschreibung zusammengehöriger Schichten nur aus einem bestimmten Lande geben kann.

D'Orbigny hat nach den vorzugsweise vorkommenden Petrefacten, sog. Leitmuscheln, 7 Etagen der Kreide unterschieden, und zwar von unten aufsteigend 1) Neocomien, von der Umgegend von Neufchatel, lateinisch Neocomum; 2) Aptien nach Apt (Vaucluse); 3) Albien nach dem Flüsschen Aube; 4) Cenomanien nach Mans (Sarthe); 5) Turonien nach Tours; 6) Senonien nach Sens an der Yonne und 7) Danien nach der grösseren Entwicklung in Dänemark.

In Deutschland folgt man in der Regel der Dreitheilung in untere Kreide, Neocomien; mittlere Kreide oder Quader und obere Kreide oder Pläner. Die Engländer machen nur 2 Abtheilungen, Chalk und Greesand, und in dem letzten figuriren Thone, Süsswassergebilde und Sand. Der Aptien und Albien werden auch von den Engländern mit dem Namen Gault oder Galt zusammengefasst. Diese 7 Etagen sind nach selbst gewählten Kennzeichen abgetheilt und können noch beliebig vermehrt werden. Die Bezeichnung nach einem Orte des characteristischen Vorkommens ist nicht unpassend, aber statt dass wir die Bildung von Tours

oder Sens oder Neufchatel benännten, haben wir aus der französischen Bezeichnung, die gar nichts mehr sagenden Worte Turonbildung, Senonbildung, Neocomien gemacht und vortrefflich nachgesprochen. Bei der Vertheilung der Namen hat man vollkommene Freiheit. Wenn man nun die weisse Schreibkreide unter die Etage von Sens aufgenommen hat, worin sie sich vorfindet, so kommt man nachher sehr leicht dahin zu sagen, dass die weisse Schreibkreide nur in der Senonbildung vorkomme. So wird Geologie gemacht.

Nach der Entstehung der Kalksteine ist es uns klar, dass die Kreide ein ächtes Meeresprodukt ist, welche seinen Gehalt an kohlensauren Kalk lediglich und ausschliesslich, und nicht grossentheils (Naum. II, 932) den Ablagerungen von Schalen abgestorbener Thiere verdankt. Diese Thiere waren nun gleichzeitig an verschiedenen Orten, und im Laufe der Zeiten noch an demselben Orte verschieden, und es folgt daraus, dass weder in horizontaler, noch in verticaler Richtung die Kreide eine ganz gleiche Beschaffenheit, Farbe und Dichtigkeit haben könne. Aus einer grösseren Muschel, einer Auster, einer Koralle kann niemals Schreibkreide entstehen, sondern nur aus den nur lose zusammengekitteten mikroscopisch kleinen Schalen besonderer Thiere. Steht einmal diese Thatsache fest, so hat die Form dieser Thiere, welche verschwunden ist, und niemals wiederkehren kann, kein höheres Intresse. Da nun sehr wahrscheinlich ist, dass alle grosse Kalkbildung auf derErde ursprünglich eine Kreidebildung war, und dass diese, als den grössten Theil des Meeresbodens einnehmend, immer eine ungeheure Ausdehnung gehabt haben müsse, so ist auch erklärlich, dass an den Rändern dieser Bildung sehr mannigfaltige Ueberlagerungen, Beimengungen und Veränderungen stattgefunden haben mussten, und dass auch die Veränderungen durch mechanische und chemische Einflüsse lange nach der Hebung fortdauern mussten. Unter diesem Gesichtspunkte sind alle in der Kreide beobachteten Erscheinungen leicht erklärlich. Wenn wir dagegen in einer Geognosie (Naum. II, 916) lesen: „Die Kreideformation besteht wesentlich aus Sandsteinen, Sand und Kalksteinen, aus Mergeln, Thonen und Schieferthonen, worin letztere förmlich durch Thonschiefer, die Sandsteine durch Quarzite oder Kieselschiefer ersetzt werden, mit untergeordnetem Vorkommen von Feuerstein, Steinkohlen, Eisenerzen etc.“, so können wir uns über eine solche Bildung gar keinen Begriff machen, da sie weder auf dem Lande, noch im Meere stattgefunden haben konnte, weil auf dem Lande keine Kalkbildung möglich ist, und im Meere keine Silicatbildung. Ganz entgegengesetzt würden wir sagen, die Kreide besteht wesentlich aus kohlensaurem Kalk, und alle andern Dinge sind zufällig und können fehlen, ohne den Character der Kreide wegzunehmen, während der kohlensaure Kalk nicht fehlen kann. Betrachten wir nun im Einzelnen, was Alles zur Kreideformation gerechnet wird.

Conglomerate, welche vorwaltend aus Quarzgeröllen bestehen, theils zu Gesteinen verkittet, theils noch als lose Geröllmassen, können nur

vom Festlande abstammen. Sie werden häufig als unterste Schichte des Quadersandsteins gefunden, der selbst eine Dünenbildung ist, und nicht zur Kreide gehört, wenn auch ähnliche Thierreste darin vorkommen. Dass sich Meeressand über Geröllschichten aus Flüssen anhäufen kann, ist ganz natürlich, und ebenso, dass nachherige Kalkablagerung über Meeressand sich ausbildet. Dieser Sandstein wird nun häufig durch eingemengte Glaukonitkörner grün, und erhält dann den Namen Grünsand. Wie schon an einer andern Stelle (S. 66) bemerkt wurde, ist der Glaukonit ein wasserhaltiges Silicat, welches durch Infiltration entsteht und also nicht im Meere selbst gebildet werden kann, sondern erst nach der Hebung. Und so wird der Quadersandstein der sächsischen Schweiz und der von ihm abstammende lose Sand in der Mark Brandenburg zur Kreideformation gerechnet. Wenn aber der gehobene Sand durch fortdauernde Infiltrationen verdichtet wird, so entstehen daraus kieselige, thonige, kalkige und glaukonitische Sandsteine, welche zu den Sandsteinen gehören, aber nicht zu den Kalkbildungen. Reine Thone können sich nicht im Meere absetzen, sondern müssen da immer bedeutende Beimengungen von Quarzpulver haben. Schieferthone sind ins Meer hinausgeschwemmte lose Thonsedimente, welche durch spätere Kohlensäurewirkung in reine Thone übergehen können. Die Thone der Kreideformation sind oft glaukonitisch und enthalten häufig Nieren von Eisenkies, Kalkphosphat und Thoneisenstein, alles offenbar spätere Zersetzungsproducte. Die Knollen vom Kalkphosphat, die sich in den mittleren Etagen der Kreideformation finden, sind bereits Ausscheidungen aus den abgesetzten Conchylienschalen und ebenfalls in späteren Zeiten gebildet. Die Feuersteinknollen, deren Bildung oben (S. 190) erklärt wurde, sind die Sammlungen der amorphen Kieselerde der Diatomaceen zu krystallinischen Concretionen, und ihre Ablagerung in horizontalen Schichten erklärt sich, wie schon erwähnt, dadurch, dass die Veranlassungen zu diesen Mittelpunkten der Krystallisation nothwendig immer in horizontalen Schichten ausgebreitet liegen müssen. Wir unterscheiden also bei der Kreideformation sowohl dasjenige, was gar nicht zur Kreide gehört, als dasjenige, was später in der Kreideablagerung vor sich gegangen sein muss. Von einer Kreidezeit und einem Kreidemeer wissen wir gar nichts, als dass sie immer waren und noch sind.

Tertiärgebilde (Diluvium). **Quartärgebilde** (Alluvium).

Diese beiden Systeme setzen der Unklarheit die Krone auf. Detritus von Gebirgen, plastischer Thon, Sandsteine, Nummulitenkalk, Grobkalk, Gyps, Mergel, Cerithienkalk, Austernbänke, Mühlsteine, Meeres- und Landbildungen laufen durcheinander, ohne dass man einsehen kann, wodurch solche ungleichartige Bildungen eine Beziehung zu einander hätten. Eine klare Wissenschaft fordert Beziehungen von Wirkung und Ursache, einen Zusammenhang des Einzelnen mit dem Ganzen, ein klares Erkennen des Vergehens und Entstehens. Davon weiss diese Lehre nichts. Die einzige Beziehung ist ihr die des Uebereinanderlagerns. Was nutzen die genauesten Beschreibungen der einzelnen Vorkommnisse, mit ihren zufälligen Grössenverhältnissen, mit den eingeschlossenen Thier- und Pflanzenresten, wenn im Grossen und Ganzen die Sache damit unbegreiflich bleibt. Und das liegt gerade nur im System. Wenn man sich auch im Einzelnen vorstellen kann, wie ein Kalk-, ein Sandgebirge, eine Lettenschichte entsteht, so kann man doch nicht begreifen, warum gerade diese und jene Bildung zu einem Systeme gehören sollen oder können. Der ununterbrochene Entwicklungs- und Zerstörungsgang der Erde hat keine Perioden. Es ist niemals ein Zeitabschnitt gewesen, der tabula rasa gemacht hätte, und das, was wir jetzt als etwas fertiges sehen, ist das Product von unendlich langen Zeiträumen, erst der Zusammenhäufung, dann der Hebung und allmäligen Verdichtung und Veränderung, und dann wieder der Zerstörung. Sechstausend Jahre beobachtet der Mensch die Erde, und noch hat sie die Gestalt wie beim Beginn dieser Zeit; noch ist kein grosses Land verschwunden und kein neues dazu gekommen. Während eine Bildung aufhört, hat eine andere schon vor hunderttausend Jahren an einer andern Stelle begonnen. Die Geschichte der Erde ist leichter zu begreifen, als die Systeme der Geologen.

So wie die Erde nichts Primäres hat, so hat sie auch nichts secundäres und tertiäres. Das, was man eigentlich unter tertiär verstehen sollte, ist die Rückbildung der festen Gesteine durch Verwitterung, und der vorübergehende Zustand bis zur Neubildung eines andern Gesteins. Allein dieser vorübergehende Zustand dauert ewig, denn immer häuft sich neuer Schutt auf dem alten, welcher in grössern Tiefen allmälig wieder durch Auslaugung und Infiltration in neue Gesteine übergeht. Wäre dem nicht so, so wäre längst die ganze Erde mit Diluvium und Alluvium bedeckt, und keine Zacke eines festen Gesteines würde mehr hervorragen. Der Kreislauf erfordert, dass gleiche Mengen Stoff, als

jährlich durch Verwitterung und Zerreibung den festen Gebirgen genommen werden, anderweitig wieder zu festen Gesteinen werden. Der Schlamm und Sand, der aus dem rheinischen Schiefergebirge und den Sandsteinen des Mains und Neckars dem Meere zugeführt wird, sondert sich heute schon wieder in der Nordsee zu neuen Lagen von Thonschiefer und Todtliegendem. Das Oberste der Erde war immer Alluvium und wird es in ewige Zeiten bleiben. Schon zur Steinkohlenzeit war ein so mächtiger Detritus vorhanden, dass 5 Fuss dicke Bäume ihre Wurzeln hineinsenken konnten. Es ist kein natürlicher Unterschied zwischen Alluvium und Diluvium. Dass beide gleichartig sind, ist natürlich und begreiflich; so wie man sie sondert, ist das Räthsel fertig.

Die neuen Schichten des Detritus der Gebirge lagern sich natürlich auf die älteren, und die tiefern sind älter als die darüber liegenden. Kein Zeitabschnitt sondert sie.

An vielen Stellen haben sich jüngere Bildungen gar nicht aufgelagert, oder Tagewasser haben sie wieder weggerissen und die untersten entblöst. Sodann ist das Verhältniss der Thierformen zu dem Gebirge ein ganz zufälliges.

Gewöhnlich hat man für diese Tertiärbildungen die Becken von Paris und London als Modell aufgeführt, weil hier durch gemeine und artesische Brunnen, durch tiefe Fundamente zu Brücken und Kirchthürmen, durch Steinbrüche und Dockanlagen die Schichtenfolge in der breitesten Ausdehnung bekannt ist.

Das Pariser Becken liegt mit einem gelben, eisenhaltigen Knotenkalk oder Erbsenkalk (Calcaire pisolithique) auf der Kreide. Seine Versteinerungen unterscheiden sich von jenem der Kreide und den darüber liegenden Schichten, was eine sehr lange Zeit vor und nach deren Bildung voraussetzt. Darüber liegt ein plastischer Thon, meist aus weissen und grauen Thonen zusammengesetzt, mit Süsswasserschnecken, fossilen Resten von Säugethieren und Schildkröten. Die obersten Schichten werden sandig, und dann erscheint mit Sand gemengt der darüber folgende Grobkalk (Calcaire grossier), eine offenbare Meeresbildung mit grossen Mengen von Muscheln. Die oberen Schichten sind dicht und geben den festen, leicht zu bearbeitenden Quaderstein, aus dem ganz Paris gebaut ist. Seit Jahrtausenden liefert er das Material für die hohen Paläste, Kirchen und Hallen von Paris, an denen man stundenlang die Querschnitte der Cerithien, Turritellen und Nummuliten beobachten kann. Die Härte und Dichte eines Kalksteins hängt nicht allein von der Zeit seiner Dauer ab, sondern auch von der Beschaffenheit der ursprünglichen Ablagerung. Aus diesem Grunde wird der jüngere Grobkalk als Baustein der älteren Kreide vorgezogen, weil er von Hause aus aus dichteren Muschelschalen bestand, als die nur aus Rhizopoden bestehende Kreide; mischen sich dieser aber Bryozoenkorallen bei, wie im Petersberge bei Mastricht, so dient er

ebenfalls als Baustein. Ebenso sind die unteren Lagen des Grobkalkes weich und sandig, und als Bausteine von geringerem Werthe.

Auf den Grobkalk folgen die Sandsteine von Beauchamp; dann die Kieselkalke von St. Ouen, wahrscheinlich eine Süsswasserbildung, sowie alles von hier aufwärts, und hier wäre ein natürlicher Abschnitt gewesen. Diese Kieselkalke enthalten zahlreiche Wechsellager von Mergeln, Sandlagen mit vielen Süsswassermuscheln, Sumpfpflanzen, Charakörnern und Säugethierknochen (Anoplotherium, Palaeotherium); darüber Gypshaltige Mergel, in denen sich namentlich am Montmartre jene zahlreichen Knochen finden, deren Bestimmung den Ausgang der neueren Palaeontologie bildete. Fast kein Block wird aus dem Gyps des Montmartre gebrochen, der nicht Knochen enthielte. Ueber dem Grobkalk liegt der Mühlstein von Brie, darüber der Sandstein von Fontainebleau, zuletzt die Mühlsteine von Montmorency, welche eine reine Süsswasserbildung sind.

Die Schichtenfolge des Londoner Beckens ist einfacher. Zu unterst eine sandige Kiesmasse, darauf mächtige Lager von blauem und schwarzgrauem Thon, der London-Thon (London-clay). Die fossilen Muscheln stimmen mit denen des Pariser Thones überein, was bei der Nähe beider Oertlichkeiten erklärlich ist. Dass man den London-Thon dem Pariser Grobkalk gleich und parallel stellen wollte, erklärt sich aus der Principienlosigkeit der damaligen Geologie. Was kann eine Landbildung, wie der Thon, mit einer Meeresbildung, wie der Grobkalk, gemeinsames haben, als die Zeit; darnach könnte man auch eine brasilianische Ananas mit dem Rennthiermoos von Lappland in Beziehung bringen.

Es ist einleuchtend, dass, wenn eine Meeresbildung über einer Landbildung liegt, nach der Landbildung noch einmal eine Einsenkung ins Meer stattgefunden haben müsse. Plastischer Thon ist entschieden eine Landbildung; wenn dieser von Grobkalk bedeckt ist, so muss das Meer darüber gestanden haben. Dasselbe gilt vom Nummulitenkalk. Die Nummulite ist eine wirkliche Rhizopode in grossem Maassstabe und kömmt in so ungeheuren Massen vor, dass sie Kalkgebirge, wie die Rhizopoden, bildet. Auch können diese beiden Bildungen gleichzeitig in gar nicht weit von einander liegenden Oertlichkeiten gelebt haben, wie z. B. bei Creil ein feinkörniger Grobkalk, bei Compiegne und Ribébourt ein aus pfenniggrossen Nummuliten zusammengesetztes Kalkgebirge aufsetzt. Der Cerithienkalk ist ebenfalls ein ächter Meereskalk, und ebenso der Littorinellenkalk.

Nachdem man einmal die Entstehung der einzelnen Formationen auf ihre Bedingungen zurückgeführt hat, kann man die Unzuträglichkeiten, die aus der blosen Berücksichtigung der Zeit entspringen, leicht ermessen. Die Palaeontologen ordnen die Formationen nach der Gleichheit der Vorwesen. Es ist aber einleuchtend, dass dies bei verschiedenartigen Bildungen ganz nutzlos ist. Die Zeit der Absetzung des eocänen Erdreichs, worin das Dinotherium eingehüllt war, kann noch weit vor

die Bildung der Kreide und des Jurakalkes reichen, ohne dass dies jemals ermittelt werden kann, denn es ist absolut unmöglich, dass ein Dinotherium in den Kalkabsatz des Meeres, und ein Ammonit in den Erdschichten bei Eppelsheim gelange. Trotz aller Gleichzeitigkeit müssen hier die Thierreste verschieden sein, und trotz aller Ungleichheit der Bildungen in der Form können sie gleichzeitig gewesen sein. Es ist ein vollkommenes Verkennen aller natürlichen Verhältnisse, wenn man solche Schlüsse baut.

Zur tertiären Formation wird auch die Molasse gerechnet, ein in jeder Beziehung sehr unsicherer Begriff. Sie besteht aus mancherlei Sandsteinen, aus Conglomeraten oder der sog. Nagelfluh, Kalken etc. Die gemeine Molasse ist ein Sandstein aus Körnern von Quarz, Kieselschiefer, Feldspath und anderen Mineralien bestehend; dann wird noch eine dichte Molasse von kalkiger Beschaffenheit, eine mergelige, eine Knauer-Molasse, unterschieden. Nagelfluh nennt man in der Schweiz die groben Comglomerate, deren Gerölle durch ein Sandsteincement verkittet sind. Die Gerölle zeigen oft die oben beschriebenen Eindrücke. Der Stoff dieser Nagelfluh muss wohl ursprünglich von Verwitterung und Abrollen herrühren, und seine Verkittung einer späteren Zeit zugeschrieben werden. Wenn wir uns vorstellen wollen, was aus einer Moräne, oder aus dem Geröllschlamm der Alpenthäler werden könne, wenn sie verschüttet der Verkittung unterworfen würden, so dürften wir in dieser Nagelfluh die Antwort finden. Wenn die Sandsteine noch Körner von Feldspath enthalten, so ist zu vermuthen, dass der Sand nicht lange der Verwitterung ausgesetzt war, sondern in einen nahen Landsee gelangt sei, in welchem er vollständig verschüttet, später wieder gehoben, durch Infiltration verkittet worden sei. Etwaige darin vorkommende wirkliche Kalke müssen Reste einer ächten Meeresbildung sein, da ein limnischer Kalk nicht existirt. So liegen die Bildungszeiten der Vorbereitung, der Ablagerung, der Verkittung weit auseinander, und es unterliegt keinem Zweifel, dass noch heut zu Tage die Vorbereitung zu Molassebildungen an allen Gletschern, in allen Seen und Thälern reichlich stattfinden. Betrachten wir z. B. die Stelle, wo die Lütschine aus dem Lauterbrunner Thal in den Brienzer See einfliesst, dicht oberhalb Interlaken, so ist hier der See auf eine weite Strecke mit dem Gerölle schon nahe bis an seine Oberfläche gefüllt, und die Lütschine rollt bewegt über diese Rollsteine eine lange Strecke fort. Ueber den See können sich die Gerölle nicht erheben, denn von einer Hochfluth werden sie wieder fortgerissen und weiterhin in den Abgrund des Sees versenkt. Es ist klar, dass die Aar aus dem Haslithal und die Lütschine aus dem Lauterbrunner Thal zuletzt den Brienzer See ausfüllen müssen, und dass dann nachher auch der Thuner See an die Reihe kommt.

Im Haslithal findet man an unzähligen Stellen grosse Ablagerungen von reinem Granitsand, so gleichförmig gesondert, wie der Sand in einem

Flusse. Dieser Granitsand weiter geführt und zwischen die Gerölle eingespült und noch weiter allein abgesetzt kann den Stoff zu einem neuen Molasse-Sandstein geben. Einen Molassekalk kann es nicht geben, da der Kalk nicht aus Geröllen und Sand abgesetzt wird. War seine Bildung aber gleichzeitig mit dem Absatz der Molasse, und im Meere, so hat er mit der Molasse selbst nichts zu schaffen.

Belgien hat ebenfalls ein besonderes Tertiär, und um Frankreich auch hierin nachzuahmen, hat man Untersysteme nach dortigen Oertlichkeiten benannt. Die Hauptstadt Brüssel liegt gleichfalls in der Mitte eines eocänen Beckens und in diesem hat man unterschieden den Landenien, nach Landen zwischen Brüssel und Lüttich, Conglomerate mit Feuersteingeschieben, also ächte Marinebildungen; die Thonsande von Ypern, den Ypresien, dem Londonclay entsprechend, und der Bruxellien soll dem Pariser Grobkalk gleichlaufen. Der glatte Nummulit kehrt wieder als das grosse Cerithium. Die Stadt Laeken hat den Namen für den Lakendien, sandige Bildungen mit kleineren Nummuliten, hergegeben, und der Tongerien, von Tongern genannt, wäre dem Sandstein von Fontainebleau zu vergleichen. Wenn man das Geologie nennen will, so ist die Sache in der besten Ordnung.

Auch im Mainzer Becken wechseln Meeres- und Süsswasserbildungen. Der Meersand von Flonheim, mit seiner Riesenauster, Ostrea hippopus und zahlreichen Resten von Seekühen, wird von ächten Meereskalken mit Cerithium plicatum durchsetzt. Zwischen Bingen und Mainz geht die Eisenbahn, gegenüber dem herrlichen Rheingau, durch die ödesten Sandwellen, auf denen kaum eine ärmliche Fichte gedeiht, was lebhaft an die Gegenden der Mark bei Genthin und Burg erinnert. Der Schneckenkalk von Hochheim wird als von Landschnecken entstanden angesehen, doch ist er eben so gut meerischer Abstammung, als die Littorinelle und Cerithie, da sich überhaupt ein derbes Kalkgestein nur im Meere bilden kann. Aus der blosen Gestalt eine Schnecke für terrestrisch zu erklären, ist unzulässig, da viele Thierformen zugleich im Meere vorkommen. Bei Weissenau, oberhalb Mainz, fanden sich beim Graben von Bierkellern zahlreiche Reste von Nashorn, Hirschen, Moschusthieren, und nicht weit davon von Krokodilen, Schildkröten, Fröschen; die Landthierreste stecken in Mergel, die Wasserthierreste in Kalk. Auch findet sich hier Braunkohle bis zu 50 Fuss anschwellend in plastischem, sehr werthvollem Thon gelagert. Dieser war natürlich ursprünglich Thonschieferabsatz, und ist im Laufe der Zeit in Thon durch die Kohlensäure der Braunkohle umgewandelt worden. Die Schichten bei Eppelsheim mit Dinotherium und Mastodon sind ächte Landdetritusbildungen.

Die Gegenwart ächter Meeresbildungen, der tertiären Kalke, hat die Nothwendigkeit eines „eocänen Meeres“ mit sich gebracht, und indem man dieses zugibt, hat man die ganze Tertiärperiode in eine unlösbare Verwirrung gebracht, die nur dadurch wieder in die Ordnung

kommen kann, dass man die Zeit als Unterscheidungsmittel ganz ausser Acht lässt und die einzelnen Bildungen als gleichzeitig und jede an ihrem Orte vor sich gehend, und sich noch heute fortsetzend, annimmt. Könnten wir die Meeresgründe so untersuchen, wie die aus dem Meere gehobenen Schichten, so würde sich diese Lehre beim ersten Anblick herausstellen. Wollen wir selbst dieser Bildung einen gemeinschaftlichen Charakter geben, so schlage ich vor, darunter nichts zu begreifen, als den Detritus des Landes auf dem Lande selbst abgesetzt. Diese Bildung hat keinen Anfang und kein Ende. Die Stoffe werden oben zugeführt und verschwinden unten wieder, und die Bildung bleibt immer zu oberst liegen. Es ist wie mit dem Sonnenbild, welches aus einem fliessenden Bache uns entgegenscheint: das Bild bleibt an derselben Stelle, aber das zurückwerfende Wasser wechselt in jedem Augenblick.

Nach einer andern Anschauung werden die Tertiärgebilde noch von den darüber liegenden Schichten geschieden, welche letztere dann den Namen Diluvium und Alluvium erhalten haben. Man versteht darunter Lös, Gerölle, Lehm, Flusssand, alles Detritusbildungen des Festlandes. Allein die tiefste Eocäne unterscheidet sich in Nichts von der jüngsten Ablagerung unserer Flüsse, als dass sie länger gelegen hat. Die in der Eocäne befindlichen Reste von Landthieren beweisen, dass sie sich auf dem Festlande gebildet hat, und von dem Flussschlamm sehen wir das täglich mit unsern Augen. Es kann deshalb ein Unterschied in der Bildungsart nicht vorhanden sein, und die Zeit hat aufgehört ein unterscheidendes Merkmal abzugeben, sonst würde man folgerecht den Absatz eines jeden Jahres für eine besondere Bildung erklären müssen. Wenn der Nil in jedem Jahr 1 Millimeter Schlamm absetzt, so betrachten wir doch das ganze Nildelta und die Erhebung seiner Ufer als eine einzige zusammengehörige Bildung. Wir müssen demnach alle auf dem Festland und vom Detritus desselben abstammenden Gebilde, die sog. Tertiärbildungen, das Diluvium und Alluvium unter einem gemeinschaftlichen Begriff zusammenfassen, und es bestätigt sich uns dadurch diejenige Eintheilung, welche auf S. 23 gegeben wurde, in umgekehrter Ordnung, von oben nach unten, in folgender Weise:

1) Festlanddetritusbildung auf dem Festland abgesetzt;
2) Meeresbildungen;
3) Innerer Erdkern, Silicate.

Wollte man nun eine Classification der Formationen annehmen, so bliebe doch keine sachgemässe übrig, als die nach der Entstehungsart, da die Zeitfolge keine Bedeutung mehr hat und immer nur unter der Voraussetzung gemacht wurde, dass eine Formation die ganze Erde bedeckt habe, ein Satz, der absolut falsch und geradezu undenkbar ist. Demnach würden sämmtliche Kalkgebirge zur Kalkformation gehören, sämmtliche Sandsteine zur Sandsteinformation etc., und unter diesen könnte man ihre muthmassliche Altersfolge nach den beobachteten Ueberlagerungen und den eingeschlossenen Thier- und Pflanzenresten be-

sprechen; dabei aber immer im Sinne behalten, dass diese Vorwesen mit der Bildung der Gesteine gar nichts zu schaffen haben, als wenn nachgewiesen ist, dass der ganze Stein aus denselben bestehe, wie bei Nummulitenkalk, Bryozoenkalk und ähnlichen, wo noch die Thierformen erhalten sind. Wo dies aber nicht mehr der Fall ist, wie bei Muschelkalk, Jura, Lias, Kreide, dürfen die Thierformen nur als zufällig angesehen werden, und so bei Thonschiefer, Sandstein, Steinkohle, Steinsalz, Landdetritus immer, weil bei diesen keine Thiere felsbauend auftreten. R. Ludwig hat in seinem neuesten Werke: „die Meeresströmungen, 1865," eine neue Eintheilung versucht, die aber lediglich auf Thierformen gegründet ist. Er unterscheidet palaeolithische, mesolitische und kaenolithische Gesteine. Die Worte Alt und Neu sollen in der Geologie gar nicht vorkommen, denn sie besagen nichts Wichtiges, sondern etwas Selbstverständliches, was jedem Dinge gemein ist. Die palaeolithischen Gesteine umfasste er unter dem Namen der Brachiopodenformation, wegen des Vorherrschens der Brachiopoden, und unter diesen zählt er auf:

Silur als Trilobitenformation;
Devon als Goniatitenformation;
Steinkohle als Produktusformation.

In gleicher Weise verfährt er mit den beiden andern Classen. Alle aufgeführten Namen, wornach er die Formationen tauft, sind Kalkthiere, und es ist gar nicht abzusehen, warum die Geologie der ganzen Erde unter die Herrschaft des kohlensauren Kalkes gestellt werden soll. Der einzige zufällige Grund besteht darin, dass nur aus Kalk solche Thierreste bestehen können, welche sich Jahrtausende lang noch erkennbar erhalten sollen. Dabei war es aber unmöglich, das Tertiär in diese Eintheilung hineinzubringen, wenn man nicht den Fehler begangen hätte, ächte Meeresbildungen, wie Nummulitenkalk, Cerithienkalk, Grobkalk mitten unter die Landdetritusbildungen einzureihen, mit denen sie weder in der Entstehungsart, noch im Stoff die geringste Verwandtschaft haben. Mit diesem Irrthum bringt man den im Meere wachsenden Nummulit mit dem Dinotherium und Mastodon in eine Kategorie, was nicht einmal der Gleichzeitigkeit nach bewiesen werden kann. Die letzte oder Quartär-Formation hat in jener Aufstellung den Namen Anthropos-Formation erhalten, als wenn heute keine Kalke, keine Steinkohle, keine Sandsteine mehr gebildet würden. Wenn man die Anthropos-Formation mit dem Neander-Thaler Schädel beginnen will, so könnte man auch den Culturfortschritt des Menschen durch die Formation des gebildeten Hausknechtes oder als Eisenbahn-Formation bezeichnen.

Bei dieser Durchmusterung der herrschenden geologischen Ansichten habe ich mich meistens auf der entgegengesetzten Seite befunden. Wenn eine Sache, wie sie vorgetragen wurde, ganz unbegreiflich war, so versuchte ich das Gegentheil der gewöhnlichen Ansicht, und habe auf diesem Wege häufig den Schlüssel der Erscheinung gefunden. Dies erinnert mich an eine Geschichte, die vor einer Reihe von Jahren in Breslau vorgekommen ist.

Es lebten in dieser Stadt zwei Kalendermacher, die denn auch nothwendig das Wetter voraus machen mussten. Der eine hatte nun das Unglück, dass sein Wetter niemals eintraf, und er sah darin das Ende seines Geschäftes voraus. Er hätte gern jedes Opfer gebracht, um die Kunst des Wettermachens zu erlernen. In seiner Verlegenheit ging er zu seinem glücklicheren Nebenbuhler, und bot ihm 50 Thaler an, wenn er ihm mittheilen wollte, wie er das Wetter mache. Dieser war mit dem Vorschlage einverstanden, strich das Geld ein und sagte: Sehen Sie, lieber Freund, ich warte immer bis Sie Ihren Kalender herausgegeben haben, dann mache ich das entgegengesetzte Wetter von dem Ihrigen; das hat mich noch niemals im Stiche gelassen.

Geologie des Himmels.

Unser Wissen von der Beschaffenheit anderer Weltkörper kann nur sehr mangelhaft sein. Die bisherigen Beobachtungen geben etwa zu folgenden Ansichten Raum.

Dass der Weltraum mit wägbarer Substanz, wenn auch in sehr verdünntem Zustande erfüllt sein müsse, haben wir aus der Fortpflanzung des Lichtes, der Wärme, der Gravitation erschlossen. Keine Kraft kann ohne ein Substrat bestehen, und dieses ist uns eine wägbare Substanz. Wenn Kraft nur die Ursache einer Bewegung ist, so muss das, was sich bewegt, ein Körper sein, und alle Körper müssen durch Attraction an die verdichteten Weltkörper herangezogen werden. Finden wir um unsere Erde eine Hülle von Sauerstoff und Stickstoff, so schliessen wir, dass diese beiden Körper in jenem Raume des Weltalls vorhanden sind, in welchem sich unser Sonnensystem befindet, oder durch welche es sich bewegt, wenigstens in jenem Theile, in welchem sich unsere Erde bewegt. Da wir nun noch keinen andern gasförmigen Stoff zu unserer Atmosphäre haben hinzukommen sehen, da die Diffusion der Gase im Weltraum dieselben Gesetze haben muss, wie bei unsern Versuchen, so muss bei der unendlich langen Dauer des Weltsystems mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass der Weltraum mit diesen beiden Gasen in einer unbekannten Verdünnung erfüllt sei.

Vermuthungen über die Natur der Stoffe, woraus die andern Weltkörper bestehen, gehen aus einigen Thatsachen hervor. Wenn wir das hohe spec. Gewicht der Erde von $5\frac{1}{2}$ betrachten, so ist klar, dass die Erde im Innern noch Stoffe von viel grösserer Dichtigkeit bergen müsse, als ihre Oberfläche ist. Gewöhnlich nimmt man das mittlere spec. Gew. der Felsarten zu 2,5 an, was aber eher zu niedrig ist, denn Granit geht schon über 2,5, Basalt über 2,9 bis über 3, ebenso die Grünsteine;

Sandsteine über 2,6, Kalk über 2,6, man kann also das mittlere specifische Gewicht der uns bekannten Felsarten zu 2,65 bis 2,7 setzen. Das wäre aber immer nur die Hälfte des spec. Gewichtes der Erde, und wir suchen diesen Widerspruch durch die Annahme specifisch sehr schwerer Körper zu lösen. Da aber solche Körper nur in kleinen Mengen in den Gängen der Felsarten erscheinen, so muss ihre Lagerung noch tiefer sein, als aus welcher Stelle die Granite bis an die Oberfläche der Erde hinauswachsen. Je tiefer wir damit hinuntergehen, desto höher müssen wir das spec. Gew. der unbekannten Stoffe annehmen. Es ist gewiss, dass wir mit den oxydischen Verbindungen des Eisens (Magneteisen zu 5,09, Eisenglanz zu 5,2) ein mittleres specifisches Gewicht der Erde von 5½ nicht erklären können, und dass also Stoffe von mindestens dem spec. Gewichte 8 bis 10 dazu nöthig sind. Alles andere, was man darüber denken kann, entbehrt jeder Unterlage.

Betrachten wir die spec. Gewichte der andern Weltkörper, welche uns noch in gewisser Beziehung zugänglich sind, so nehmen sie zwar im Allgemeinen nach der Sonne hin zu, jedoch nicht ohne Ausnahme.

Wir haben Merkur	6,7	spec. Gewicht	(Wasser = 1)
Venus	5,0	„	„
Erde	5,58	„	„
Mars	5,3	„	„
Jupiter	1,25	„	„
Saturn	0,72	„	„
Uranus	0,92	„	„
Sonne	1,38	„	„

Hier ist eine Ausnahme von der Regel, dass die Venus leichter ist als Erde und Mars, und die zweite, dass Saturn leichter ist als Uranus. Ob die Zahlen überhaupt so sicher sind, dass man diese Fälle als Ausnahmen bezeichnen könne, soll nicht behauptet werden. Der Sprung vom Mars mit 5,3 auf Jupiter mit 1,25 ist sehr gross, allein dazwischen liegen ja auch die Planetoiden, die, wenn sie mit einem spec. Gewichte von 3 bis 3,2 einfallen wollten, die Regel wieder herstellten. Doch weiss man davon noch nichts. Die 4 unteren Planeten könnten von Körpern zusammengesetzt sein, wie wir sie auf unserer Erde haben, dagegen vom Jupiter an aufwärts unmöglich. Das specifische Gewicht des Saturns mit 0,72 (annähernd dem Schwefeläther) und dem Uranus mit 0,92 (annähernd einem 50 % Weingeist) können nicht von Stoffen herrühren, wie wir sie auf unserer Erde haben, und es müssen dort Elemente sein, von denen wir keinen Begriff haben. Dasselbe gilt von der Sonne mit dem spec. Gew. 1,38. Also auch diese muss Stoffe enthalten, die nicht auf unserer Erde vorkommen. Darüber belehrt uns einigermassen das Sonnenspectrum mit seinen schwarzen Linien. Die Fraunhofer'sche Linie A stimmt mit der rothen Kaliumlinie, und die Linie D mit der gelben Natriumlinie, und wir schliessen, dass sich Kalium, Natrium und noch andere irdische Elemente, Eisen, Kupfer,

Nickel, Kobalt, Mangan, Zink, Baryum, Magnesium, Chrom, Calcium, Aluminium, Strontium, Sauerstoff, Wasserstoff etc. in der Sonnenatmosphäre befinden müssen; dagegen fallen die Linien B, C, E, e, F, G, H mit keiner hellen Linie unserer irdischen Elemente zusammen, und wir schliessen daraus, was sich auch aus dem spec. Gew. der Sonne ergibt, dass fremde, uns unbekannte Elemente in der Sonnenatmosphäre vorhanden sein müssen.

Von den der Erde zufliegenden Meteorsteinen hat noch keiner ein der Erde nicht auch angehöriges Element gebracht, und das mag darin seinen Grund haben, dass diese Körperchen schon seit Aeonen zufliegen und sich ihre Elemente schon seit lange auf der Erde befinden. Die stoffliche Gleichheit der fallenden Körperchen mit der Erde und das unausgesetzte Niederfallen derselben stützen einigermassen die Voraussetzung, dass die Erde gänzlich aus solchen Körperchen sich gebildet habe, und dass sie sich von jeher und auch jetzt noch vergrössere. Nun kann die Menge dieser Körperchen keine unbegränzte sein, und ihre Form und Zusammensetzung müssen sie ebenfalls einmal in der Zeit angenommen haben. Ihre astronomischen Beziehungen sollen hier nicht näher erörtert werden. Ihr regelmässiges Erscheinen zu bestimmten Zeiten unseres Erdenjahres spricht dafür, dass sie sich in Bahnen um die Sonne bewegen, welche den Kepler'schen Gesetzen folgen. Darnach müssen sie in der Nähe der Erde auch nahezu dieselbe Geschwindigkeit wie die Erde selbst haben. Durch diese aber aus weiter Ferne angezogen, müssen sie von ihrer Bahn abgezogen werden und mit vermehrter Fallgeschwindigkeit in die Nähe der Erde und in ihre Atmosphäre gelangen. Hier findet nun ihr Erglühen durch die Verminderung ihrer eigenen Bewegung statt, die sie durch den Widerstand der Luft erfahren. Es wird also ein Theil ihrer Bewegung in Wärme umgesetzt. Das Erglühen der äussern Fläche findet sehr plötzlich statt, und geht bis zum heftigsten Weissglühen, wobei sich Theile loslösen, und als sprühende Funken, die schon Homer erwähnt (σπινθῆρες Ilias 4, 77) davon fliegen. Schlecht leitende Gesteine, Silicate (Stannern), erhalten dadurch eine dünne, verglaste Oberfläche. Durch die plötzliche Hitze berstet der Stein in viele Stücke, die nun wegen ihrer Kleinheit nicht Moment genug haben und ihre Geschwindigkeit verlieren, wodurch sie erkalten. Es zeigen deshalb an den kleinen Bruchstücken nur die Theile der ursprünglichen Aussenseiten jene oberflächliche, obsidianartige Schmelzung. Zuerst müssen alle diese Körper die niedere Temperatur des Weltraumes besessen haben, und ein in Ostindien gefallener Silicatstein soll beim Auseinanderschlagen noch innen eine bedeutende Kälte besessen haben. Die Eisenmassen lassen diese Probe nicht zu, weil sie bei ihrer grösseren Leitungsfähigkeit die Wärme bald gleichmässig vertheilen und weil sie wegen ihrer Cohäsion nicht augenblicklich getrennt und im Innern untersucht werden können. Das Einbrechen der Meteoriten in die Atmosphäre gibt sich sehr häufig durch ein donnerähnliches

Getöse zu erkennen, wovon ich selbst einen sehr ausgezeichneten Fall am 21. Juni 1846 beobachtet habe. Man hat die verschiedenen meteorischen Körper unter verschiedene Classen gebracht, aber damit etwas ganz Ueberflüssiges gethan. So unterscheidet Arago, der in seiner populären Astronomie (IV, S. 181) den kosmischen Meteoren ein grosses Capitel schenkt, Aërolithen, Feuerkugeln (Bolides) und Sternschnuppen (Étoiles filantes), während es doch ganz klar ist, dass sich die Feuerkugeln von den Sternschnuppen nur durch ihre Grösse und vielleicht grössere Nähe unterscheiden, und von den Aërolithen dadurch, dass letztere am Tage, also unsichtbar oder unbemerkt gefallen sind, und erst nachher aufgefunden wurden. Es ist klar, dass von dem feinsten meteorischen Staub bis zur grössten Meteormasse kein Unterschied des Entstehens und Herkommens stattfindet, und dass blos die Grösse und die Zeit des Herabfallens den Unterschied ausmacht. Es ist unbegreiflich, wie Arago eine so unwissenschaftliche Unterscheidung annehmen konnte, die sich bei einem gewöhnlichen Landmanne, aber nicht bei einem Gelehrten ersten Ranges erklären lässt, zumal in seinen eignen Aufzeichnungen die Beweise des Gegentheils vorhanden sind. Nach dem Kepler'schen Gesetz kann an der Stelle, wo die Erde sich befindet, diese weder einen Meteorstein einholen, noch von ihm eingeholt werden, und es müssen die Meteorsteinfälle lediglich von seitlich, jenseits oder innerhalb der Erdbahn, herkommen. Die ausserhalb der Erdbahn laufenden Körper gehen langsamer als die Erde, und können von dieser eingeholt und dann herangezogen werden; die innerhalb der Erdbahn kreisenden laufen schneller als die Erde, können diese in ihrem Laufe einholen und mit beschleunigter Bewegung sich ihr nähern. Zu ihrer kosmischen Bewegung tritt die Beschleunigung durch die Anziehung der Erde hinzu. Diese Körper werden wegen ihrer ungeheuren Geschwindigkeit meistens nicht auf die Erde fallen, sondern sich im Weltraum weiter bewegen, und zwar mit einer bleibenden Veränderung ihrer Bahn, wenn sie die Atmosphäre der Erde durcschnitten haben und glühend geworden sind. Das Verlöschen der dünnen weissglühenden Schichten während der wenigen Secunden ihres Leuchtens findet statt, wenn diese Körper wieder in die dünnere Atmosphäre des Weltraumes austreten, wo der Widerstand, und somit die Umsetzung der Bewegung in Wärme aufhört. Die dauernde Veränderung der Bahn muss wohl der Art sein, dass bei einem spätern Zusammentreffen mit der Erde das Hineinfallen in dieselbe immer wahrscheinlicher wird. Die äussern und von der Erde überholten Meteorkörper haben grössere Wahrscheinlichkeit, auf die Erde zu fallen, und wenn diese Ansicht richtig ist, so müssten die meisten Meteorsteinfälle auf der von der Sonne abgewendeten Seite, also Nachts, stattfinden, eine Zeit, die zum Beobachten allerdings die ungünstigste ist. Es haben Meteorsteinfälle auch am Tage stattgefunden, aber dadurch würde die obige Vermuthung nicht entkräftet werden. Die Summe der Meteorfälle ist unstreitig viel grösser

als man nach den notirten Fällen vermuthen kann. Am Tage ist die Beleuchtung durch die Sonne der Beobachtung äusserst ungünstig, und Nachts das Zurückziehen der meisten Menschen aus der freien Luft, so wie der Schlaf selbst. Ausserdem sind die Bereiche menschlicher Beobachtung sehr geringe im Verhältniss zur Erdoberfläche. Die meisten Meteorsteine fallen ins Meer, welches $\frac{2}{3}$ der Erde bedeckt, oder in Wüsten, in unbewohnte Gegenden, bei den nicht beobachtenden Völkern. Von dem ganzen stillen Ocean, den Polarcalotten der Erde, vom Innern von Afrika, Asien, einem grossen Theile von Süd- und Nordamerika haben wir nicht die geringste Wahrscheinlichkeit, eine Mittheilung zu bekommen. Es ist deshalb eben so gut möglich, dass täglich 1000 Meteorsteine auf die Erde fallen, als 1 oder 2. Unter den berichteten Fällen war jener vom 12. auf den 13. November 1833 in Nordamerika der stärkste unter allen, denn es erschienen nach ungefährer Schätzung 240000 Sternschnuppen innerhalb 9 Stunden. Wenn dabei erwogen wird, dass während jener 9 Stunden die Erde in ihrer Bahn 150000 Meilen zurücklegte, so ergibt sich, dass der Streif von Körperchen in dieser ganzen Länge sich erstreckt hat, und wenn man ausserdem beachtet, dass die Beobachtungsstelle während jener 9 Stunden an $\frac{3}{8}$ des Umfangs der Erde nach Osten fortgerückt ward, so ergibt sich, dass diese Schichte 600 Meilen dick sein mochte, aus welcher aber zur Zeit nur etwa 20 Meilen in dem Bereich des Beobachters lagen. Es zeigt sich, einen wie geringen Theil jene 240000 ausgemacht haben, und wie gross der Gesammtbelauf ausfallen würde, wenn auf der ganzen Erde hätte beobachtet werden können.

Die Grösse der Bewegung, mit welcher die Meteoriten in unsere Atmosphäre einbrechen, muss eine ganz ungeheure sein, da sie zu der planetarischen Bewegung, welche sie bereits an ihrer Stelle besitzen, noch die Beschleunigung durch die Attraction der Erde aus weiter Ferne erhalten. Oft beobachtet man in heiteren Nächten solche Sternschnuppen, die den sechsten bis vierten Theil des Himmels durchlaufen haben, ehe man sagen kann: sieh da, ein Sternschnuppen! Wenn nun die scheinbare Bewegung in weiter Ferne so bedeutend ist, so muss die wirkliche Bewegung ganz ungeheuer sein. Die dieserhalb angestellten Beobachtungen und Messungen können unmöglich auch nur entfernt richtig sein, weil die Zeit der Beobachtung zu kurz ist, und Anfang und Ende der Erscheinung nur sehr unbestimmt nach Entfernung von Sternbildern abgeschätzt werden kann. Jedenfalls ist die äussere Erhitzung bis zum Weissglühen so plötzlich, wie sie die Erscheinung zeigt, und daher auch die oberflächliche Verschlackung der Meteoriten, welche alle in flagrante Betroffenen zeigen. Man unterscheidet überhaupt zweierlei Meteoriten, Eisenmassen und Steinmeteore, welche letztere aus Silicaten bestehen. Dazwischen kommen alle nur denkbaren Stufen von gemischten Meteoriten vor, die mehr oder weniger metallisches Eisen in Silicaten enthalten. Je nach diesem Unterschiede

sind auch die Rinden derselben verschieden. Es fallen weit mehr Steine als Eisenklumpen, vielleicht 100 auf eine Eisenmasse. Die Steine sind von lockerem, sich abbröckelndem Gefüge, enthalten eingesprengte Eisenkiese, mit denen sie ganz durchsäet sind. Indem diese Kiese durch Regen und Feuchtigkeit sich zersetzen, zersprengen sie den Stein nach allen Richtungen, so dass er zuletzt zu Gruss zerbröckelt verschwindet

Dagegen sind die Eisenmassen dicht und fest, lassen keine Feuchtigkeit eindringen, und überziehen sich mit einer schützenden Rosthülle von Eisenoxydhydrat, worin sie sich mit der Zeit ganz verwandeln würden Alle in der Erde gefundenen Eisenmeteoriten sind mit dieser Kruste überzogen, welche $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll dick ist. Man sucht sie in Sammlungen gewöhnlich zu schützen, da sie sich leicht losschält und abblättert. Dagegen findet sich an den frisch nach Niederfallen gefundenen Eisenmassen diese Oxydkruste nicht, und diese haben ein feines, glattes, nicht braunes sondern schwarzes Häutchen, welches den Körper allenthalben umhüllt, etwa von der Dicke eines feinen Briefpapiers, und welches sich nicht ablöst, sondern fest auf dem Eisen sitzt. Es ist offenbar eine Kruste von dem durch Verbrennung in unserer Atmosphäre gebildeten Hammerschlag oder Eisenoxyd-Oxydul. Bis zum Jahre 1858 waren nach v. Reichenbach (Pogg. 103,640) 3 Eisenmassen (Agram 1751; Charlotte in Discon County, Tenessee, 1. Aug. 1835; Hauptmannsdorf, 14. Jul. 1847) beim Niederfallen beobachtet worden, und diese zeigten alle diese dünne, schwarze Brandrinde. Man findet ferner die Eisen- und Steinmeteoriten, auf ihrer Oberfläche stumpf und fast abgeglättet, ganz im Widerspruche mit ihrem krystallinischen Gefüge. Von der Plötzlichkeit und Grösse der Wärmeentwicklung in den noch dünnen Schichten unserer Atmosphäre kann man sich ungefähr einen Begriff machen, wenn man die gute Leitungsfähigkeit des Eisens zur Wärme in Betracht zieht, und überlegt, ob man eine zentnerschwere Eisenmasse in einer noch so grossen Knallgasflamme eher würde zum Brennen bringen, als bis die ganze innere Masse stark genug erhitzt wäre. Der feurige Streif, den die Meteoriten Nachts am Himmel zurücklassen, ist der beste Beweis für die Lostrennung von Substanz. Die kleinen losgetrennten brennenden Stückchen verlieren wegen des Luftwiderstandes schnell ihre grosse Geschwindigkeit und damit die Lichtentwicklung. Einen ganz eigenthümlichen Verlauf nahm die Erscheinung eines Meteors, welches am 17. Febr. 1865 in Bonn und Coblenz zugleich beobachtet wurde. Die Sonne war etwa schon $\frac{3}{4}$ Stunden untergegangen, als ein Feuermeteor den Beobachtern gegen Westen hinfahrend erschien. Einen Augenblick zeigte es einen funkensprühenden feuerrothen Schweif, dann verlosch das rothe Licht und der Streifen erschien von der Sonne noch beleuchtet, weisslich, wie der Mond am Tage erscheint. Die Gestalt des Streifens änderte sich allmälig durch Luftzüge und verwandelte die ursprünglich gerade Linie in eine blitzartig gezackte. Die Verzerrung der geraden Linie in rechts und links ausspringende Winkel kann man sich

nur durch Luftzüge in jener Höhe erklären. Die Erscheinung konnte volle 8 Minuten (!) lang deutlich beobachtet werden, und dauerte 15 Minuten, ehe sie ganz verschwand. Gewöhnlich sehen wir die Meteore mit ihrem eignen Lichte. In dem vorliegenden, ganz ausnahmsweisen Falle sah man zuerst das eigne Licht, dann den dunkeln, zur Erde fallenden Meteorstaub als einen immer breiter werdenden Streifen in Sonnenbeleuchtung. Es gehörte dazu der Umstand, dass die Sonne bereits unter dem Horizont war, und dass das Meteor in einer Höhe fuhr, die noch von den Sonnenstrahlen erreicht wurde. Es ist kein anderer ähnlicher Fall bekannt geworden. Die Erscheinung dauerte so lange, dass sich eine Menge Leute vor dem Neuthore in Bonn sammelten, welche sie ansahen, und dann wieder weiter gingen, ehe sie ganz verschwunden war. Die Zeit der Beobachtung von 8 Minuten ergibt einen Fallraum, wenn man die Fallgeschwindigkeit für die erste Secunde zu 15 Fuss annimmt, von 143 Meilen, was offenbar hier unmöglich ist. Wenn einerseits die Schwere in jener Höhe etwas schwächer wirkt, so ist andererseits auch der Luftwiderstand viel geringer. Jedenfalls scheinen die von dem Meteor abgerissenen Theilchen so fein gewesen zu sein, dass sie ungeachtet der verdünnten Luft nur mit gleichbleibender Geschwindigkeit fallen konnten. Die Bildung des oft beobachteten Meteorstaubes ist durch dieses seltene Vorkommen aufs deutlichste erklärt. Diese Erscheinung wird ergänzt durch die Beobachtung des Falles von Meteorstaub, ohne dass man das Meteor gesehen hat. Das nordamerikanische Schiff Joshua Bates segelte am 14. Nov. 1856 in den indischen Gewässern unter 10°38′ S. B. und 117°49′ Oest. Länge (Ferro?), als es etwa 60 geographische Meilen von Java einen Regen von schwarzen Kügelchen empfing, die wie Bleischrot von der Sorte des Vogelsdunstes aussahen. Der Capitän Callum liess eine kleine Menge von dem Verdeck sammeln, und brachte sie nach Washington zur Untersuchung an Hrn. Maury mit, der einen Antheil an Ehrenberg nach Berlin sandte. Dieser berichtete darüber am 4. Jan. 1858 in der Akademie. Diese Körperchen waren meist kugelrund, die grössten bis zu $\frac{1}{3}$ Par. Linie Durchmesser, dann herab bis zu $\frac{1}{40}$ Linie. Ihre Oberfläche ist schwarz, glänzend polirt. Ihre Rundung ist so vollständig, dass sie von einem glatten Tische leicht herabrollen. Ihre Härte ist bedeutend, so dass sie sich zwischen Glasplatten nur mit Gewalt zerdrücken lassen. Sie lösen sich in starker Salzsäure vollständig auf. Vom Magnete werden sie heftig angezogen. Alle haben einen Hohlraum im Innern, wie die Eisenfunken, welche von einer in Sauerstoffgas brennenden Uhrfeder abspritzen. Es unterliegt also gar keiner Frage, dass diese Kügelchen Eisenoxyd-Oxydul sind, und zwar durch Verbrennen von Eisen in sauerstoffhaltiges Licht entstanden, und halten wir dieses constatirte Niederfallen auf offenem Meere mit jenem schwebenden Meteorstreifen von Coblenz und Bonn zusammen, so ergänzen sich beide vollständig. In dem Falle von Bonn wurde das Herabsenken

des Meteorstaubes beobachtet, auf der Erde aber nicht wahrgenommen; im Falle von Java fiel der Staub herab, es wurde aber das Meteor nicht beobachtet, weil die Erscheinung am hellen Tage war und im Zenith des Schiffes, wohin der Blick am wenigsten fällt. Die Ansicht von Ehrenberg, dass diese Kügelchen von einem javanischen Vulkane abstammten und durch den Wind ins Meer geführt seien, ist unhaltbar, weil Magneteisen in Vulkanen unschmelzbar ist und auch niemals massig und rein darin vorkommt, besonders aber, weil die kugelförmigen Hohlräume eine innere Gasbildung andeuten, wie sie bei dem im Sauerstoff brennenden Eisen jedesmal stattfindet. Es muss also bei dem Meteorstaubfall ein Eisenmeteor hoch über dem Schiffe hingegangen sein, so dass die abgesplitterten brennenden Theile auch das Schiff trafen, während die andern ins Meer fielen. Auf dem Festlande können solche Meteorstaubregen nicht aufgefunden werden, wenn sie bereits gefallen sind, und nicht einmal aufgelesen, wenn man den Fall beobachtete. Es war ein günstiger Zufall, der gerade ein Schiff mit glattem Verdeck zur Unterlage nahm.

Die Brandrinde der eigentlichen Steinmeteore besteht aus einem dünnen geschmolzenen Glase, oft wie das feinste Papier; bei den meisten von Pergamentdicke; bei einigen erscheint sie stellenweise derber, auch ungleich vertheilt, bis zu 2 Millimeter Dicke. Diese Rinden sind oft untersucht worden, und bestehen aus sämmtlichen Bestandtheilen des Steines zu einem Glase verschmolzen, was seine schwarze Farbe vom Eisenoxydul ableitet. Bei dem Steine von Stannern hat man an einem von der Rinde vollkommen befreiten Stücke die schwarze Kruste durch Einlegen in heftiges Schmiedefeuer vollkommen nachgeahmt, und würde dasselbe mit dem Knallgasgebläse wahrscheinlich noch leichter ausführen können. Es kann also über die Ursache dieser Brandrinde kein Zweifel sein, besonders da die schlechte Leitung der Silicate gegen Wärme eine so plötzliche äussere Erhitzung gestattet. Unter den glasigen Rinden zeichnet sich jene von Bishopville dadurch aus, dass sie ganz farblos, durchsichtig wasserhell ist, sowie auch der Stein, den man kaum für ein Meteor halten würde, schneeweiss ist. Die Rinde hat nur stellenweis schwarze Flecke, wo Eisenoxyd sitzt. Die geschmolzene wasserhelle Masse ist ein Bittererdesilicat. Es ist dadurch auch die schwarze Farbe der meisten Rinden zweifellos ermittelt. Die meisten Meteoriten haben keine so gleichmässig weisse Grundmasse, sondern sind meistens innig gemengt aus Eisenoxyd, metallischem Eisen, dunkelfarbigem Augit und Hornblende, und von diesen allen grau. Ausser diesen Rinden finden sich in der Substanz der Meteorsteine schwarze Linien, bald so fein wie ein Haar, bald dicker als Nähzwirn und selbst bis zu einigen Millimeter Stärke. Sie laufen oft parallel, kreuzen sich aber auch und schwärmen in allen Richtungen. Sie laufen immer bis in die Brandrinde aus. Reichenbach hat sie unstreitig richtig erklärt als durch den Luftdruck in die Risse des Steins eingespritzte Rindenmasse. Diese

Risse quer durchgebrochen erscheinen als dünne Linien, wie sie die Meteorsteine zeigen. An dem Meteorstein von Yorkshire sah man diese neuern Linien am Rande unmittelbar in die Rindensubstanz verlaufen. Nothwendig müssen alle zu uns gelangende Meteorsteine die Reise durch unsere Luft machen, wobei sie so sehr verwüstet werden, dass man ihren ursprünglichen Zustand nicht mehr erkennen kann.

Die grösste Sammlung von Meteoriten war im Jahre 1858 die Kaiserliche in Wien, welche 136 verschiedene Niederfälle, nicht Stücke, besitzt. Ihr zunächst steht jene des Herrn v. Reichenbach in Wien mit 114 Lokalitäten, und darin befinden sich etwa 20, die sich nicht in der Kaiserlichen Sammlung befinden, so dass beide zusammen etwa 156 Lokalitäten vorstellen. Die Reichenbach'sche Sammlung ist an die Universität Tübingen verschenkt worden (Pogg. 105,459), wodurch der Vortheil erreicht wird, dass sie Deutschland erhalten bleibt. Die Sammlung der Universität Berlin erreicht beinahe die letztgenannte, dann folgt die des britischen Museums in London und endlich die Kaiserliche in Paris. Ausser diesen existirten damals keine Sammlungen von Belang. Am 1. Januar 1865 hatte Wien 220 Lokalitäten, Shepard 200, Berlin 181, Paris 160, Göttingen 159 und man kann dem raschen Anwachsen dieser Sammlungen bei dem regen Eifer für diese Studien entgegensehen. Wer eine solche Sammlung zum erstenmale sieht, gewahrt nichts Reizendes; er überblickt graue und schwarze unscheinbare Steine, meist wie Grauwacken, die zwar durch den Namen Meteorsteine Aufmerksamkeit erregen, bei oberflächlicher Beschauung aber diese nicht befriedigen. Erst bei genauerem und eingehenderem Studium treten die Verschiedenheiten und ihre wichtigeren Beschaffenheiten hervor. Die ausserordentliche Kostbarkeit dieser Steine legt den Custoden schwere Verantwortlichkeiten auf und erschwert die freie Zulassung zu diesen seltenen Schätzen, die gewöhnlich hinter Glas beschaut werden müssen. Es ist deshalb dankend anzuerkennen, dass Herr v. Reichenbach, der Entdecker des Kreosots, seine reiche Sammlung zu einem eingehenden Studium benutzt hat, und auch selbst das Material nicht geschont hat, wenn es darauf ankam, eine Thatsache durch Zerschlagen eines Steines, oder durch Verwendung desselben zur Analyse und zu sonstigen Versuchen zu ermitteln. Fast unsere ganze Kenntniss von den Meteoriten beruht auf seinen Forschungen, indem man eine Analyse allein nicht als genügend ansehen kann.

Eine systematische Eintheilung der Meteoriten hat einen geringen Werth, nachdem die Thatsache festgestellt ist, dass alle Meteoriten aus ungleichen Gemengen zweier verschiedenartiger Stoffe, des Nickeleisens und des Olivin-augitartigen Gesteins bestehen. Das Mehr oder Weniger der einzelnen Gemengtheile ist zufällig und unwesentlich, und dass ihre Farbe, Structur, Härte und chemische Zusammensetzung ebenfalls von einander abweichen, erklären wir uns aus dem Ansehen der irdischen Gebirge. So geht der Nickelgehalt von nahe 1 % bis zu 17 %, und

über die Ungleichheit der Mengen des in Salzsäure löslichen und unlöslichen Antheils der Silicate geben uns die Phonolithe die vollkommenste Auskunft. Das System von Shepard (Pogg. 124,570) berücksichtigt die marmorirte, oolithische, basaltische, sandsteinartige, etc. Structur; das System von Gustav Rose (Pogg. 124,193) unterscheidet 3 Stufen für die Eisenmassen und 7 Stufen für die Steinmassen. Die Trennung dürfte wohl nicht scharf durchzuführen sein. Reichenbach wählt das spec. Gewicht zum Unterscheidungsmittel, welches einigermassen einen Begriff von den beigemengten Eisenmassen gibt (Pogg. 107,155). Es steigt von den eisenfreien mit spec. Gewicht 3 bis zu den silicatfreien mit spec. Gewicht 7,9. Da viele Meteorite zersägt sind, so dürften leicht dieselben Lokalitäten unter verschiedenen spec. Gewichten vorkommen, je nachdem mehr Eisen oder mehr Stein an einem Stücke geblieben.

Die Analyse der Eisenmassen geschieht gewöhnlich in folgender Weise. Man löst die gewogene Probe in verdünnter Salzsäure unter mässiger Erwärmung in einem Entwicklungsapparate und leitet das entwickelte Gas durch eine Kupfer- oder Silberlösung. Im Falle sich Schwefelwasserstoff gebildet hatte, entsteht Schwefelkupfer oder Schwefelsilber, aus denen man den Schwefelgehalt nach bekannten Methoden bestimmt. Die filtrirte Eisenlösung wird mit Schwefelwasserstoff behandelt, um zu sehen, ob dadurch fällbare Metalle vorhanden sind, die dann auch wieder getrennt und besonders bestimmt werden. Die Eisenlösung wird concentrirt, mit chlorsaurem Kali oxydirt, neutralisirt und das Eisenoxyd mit bernsteinsaurem Natron gefällt, getrennt und bestimmt. Falls im Eisenoxyd Phosphorsäure vorhanden wäre, kann sie durch Schmelzen mit kohlensaurem Kali und Natron ausgezogen und mit Bittererdelösung in bek. Weise bestimmt werden. Im Filtrat von bernsteinsauren Eisenoxyd ist Nickel und Kobalt vorhanden, die einzeln bestimmt werden. Der in Salzsäure unlösliche Rest besteht aus Silicaten und Phosphor-Nickel-Eisen (Schreibersit), dessen Zusammensetzung noch nicht ganz feststeht, dessen Eigenthümlichkeit sogar zweifelhaft ist. Verdünnte Salzsäure wirkt wenig darauf, concentrirte löst es aber. Gewöhnlich löst man es in wenig Salpetersalzsäure, filtrirt und bestimmt im Filtrat die Phosphorsäure, das Eisen und Nickel. Was nun noch bleibt, sind Silicate, die entweder als Ganzes aufgeführt werden, oder nach bekannten Methoden analysirt werden.

Bei der grossen Menge von Analysen, welche schon vorhanden sind, hat die Ermittelung eines jeden Meteorits kein besonderes Interesse, wenn er nicht durch äussere Zeichen irgend etwas Neues verräth. In diesem Falle hat man vorzugsweise seine Aufmerksamkeit auf diesen Stoff zu richten. Da wir jetzt schon Meteoriten vom reinen Eisen bis zum reinen Silicat durch alle Zwischenstufen der Vermengung hindurch kennen, so kann durch die blose Bestimmung des magnetischen und

nicht magnetischen Antheils gar nichts mehr gewonnen werden, als dass man den Meteorit in die passende Stelle einreiht.

Betrachten wir nun die Meteoriten auf ihre Zusammensetzung und die wahrscheinliche Art ihrer Entstehung, so kommen wir zu folgenden Resultaten. Alle Meteoriten können als eine zusammengehörige Reihe von Weltkörpern angesehen werden, die einen gleichen Ursprung haben. Wir beobachten Eisenmassen und Silicatmassen, an den äussersten Gränzen rein, in den Mittelstufen gemengt, so dass alle nur denkbare Zwischenglieder vorhanden sind. Das Eisen ist krystallinisch, enthält regelmässig Beimengungen von Nickel von 1 bis 17 %, meistens 6 bis 7 %. Kleine Mengen Kobalt, Chrom, Schwefeleisen, Phosphor, Nickel-Eisen. Die Silicate sind Augit, Feldspath, Hornblende, Olivin. Es kommen Eisenmassen vor, welche Silicate als einzelne Einschlüsse enthalten, dann auch wieder Steine, welche metallisches Eisen als Einschluss haben. Die Silicate haben ein hohes spec. Gew. von 3 an, und wenn man das spec. Gew. des ganzen Materials nimmt, so steigt es von 3 (Bischopville, Jonzac, Stannern, Juvenas, Ohaba, Lontolax) bis zum spec. Gewicht des reinen Eisens 7,88 und 7,90 (Durango, Ashville etc.), und es fehlt kaum eine Zahl dazwischen. Daraus geht hervor, dass die Bildung des Silicats und des metallischen Eisens unter ganz gleichen Verhältnissen statt gefunden haben müsse. Der Stein von Bischopville enthält 0,671 % Wasser und ist ein Sesqui-Silicat von Bittererde. Nehmen wir dies alles zusammen, das hohe specifische Gewicht, den Wassergehalt, die Gegenwart ungleicher Silicate, die Gegenwart von Magneteisen in Silicaten, die Aehnlichkeit der Zusammensetzung mit den Mineralien der Erde, so folgt aus der Geologie der Erde, dass diese Gesteine, insbesondere die Silicate, unter ähnlichen Verhältnissen wie die Silicate der Erde, d. h. auf nassem Wege entstanden sind. Ueber das metallische Eisen, welches der Erde fremd ist, können wir weniger leicht einen Schluss machen. Auf der Erde findet jede Reduction von Eisenoxyd zu Oxydul, Magneteisen, Schwefelkies durch die Einwirkung kohlenstoffhaltiger Körper, die von Pflanzen abstammen, statt. Bei alledem bildet sich kein metallisches Eisen, wenigstens weiss man nichts davon, entweder weil die Bildung nicht statt findet, oder weil sie bei dem langsamen Heraustreten in die sauerstoffreichen oberen Schichten der Erde wieder zerstört wird. Unmöglich ist es nicht, dass sich auch metallisches Eisen unter Einwirkung reducirender Pflanzenstoffe auf der Erde bilden sollte. Nun können die Silicate der Meteorite, Olivin, Augit, Feldspath nur aus wässrigen Lösungen abgesetzt werden, es kann aber nicht eine vorhandene Menge Substanz ganz und gar in ein bestimmtes Silicat übergehen, sondern da jede Form nur in der Zeit und in einer Reihe von Formen entstanden ist, so müssen wir auch annehmen, dass der Stoff zu diesen Luftsteinen in dieser Reihe von Formen wieder von andern Körpern hergenommen sei, und so kommen wir schliesslich zu der Ansicht, dass diese kleinen Weltkörper Stücke

eines grösseren sind, der, während er noch zusammen war, auf sich Vorgänge hatte, welche die von uns gefundenen chemischen Verbindungen erzeugen konnten. Das ist ganz sicher, dass die Meteoriten ursprünglich keine Auswürflinge eines Vulkans, überhaupt keine Schmelzproducte sind, da die äussere durch Schmelzen gebildete Rinde, und die in die Spalten eingespritzte Rindensubstanz an Farbe und Cohäsion sich von dem nebenstehenden Gestein so wesentlich unterscheidet. Wir müssen demnach auch annehmen, dass auf diesem Weltkörper Wasser vorhanden gewesen sei, von welchem kleine Mengen sich sogar in gleicher Weise in den Silicaten befinden, wie in den Silicaten unserer Erde. Ob aber auch eine Atmosphäre von Sauerstoff und Stickstoff sich darauf befunden habe, lässt sich nicht mit Gründen belegen. Die Bestandtheile der Meteoriten sprechen für kräftige Reductionsvorgänge, wie das metallische Eisen, die Schwefelmetalle, Phosphormetalle, das Magneteisen beweisen, während man volle Oxyde noch nicht darin gefunden hat (vgl. Pogg. 88, S. 145, 321 u. 525).

Von ganz besonderer Tragweite ist die durch *Wöhler* (Annal. d. Chem. u. Pharm. 109, S. 346 u. 349) festgestellte Anwesenheit von organischen Kohlenwasserstoffgebilden. Diese wurden in dem Meteorit von Kaba in Ungarn gefunden, der am 17. April 1857 zur Erde fiel. Der Kohlenstoffgehalt wurde bei der Analyse zufällig entdeckt und um ihn zu constatiren, wurde von dem gut ausgetrockneten Pulver eine Portion in reinem Sauerstoffgas erhitzt, und das gebildete Gas nach dem Durchgehen durch Bleihyperoxyd, um schweflige Säure aufzunehmen, in Barytwasser geleitet. Dies zeigte einen starken weissen Niederschlag, und in der Röhre zeigte sich trotz dem vollständigen Trocknen ein Anflug von Wasser und ein weisser Rauch, der sich zu einem weissen krystallinischen Sublimat verdichtete. Da hierdurch die Gegenwart einer wirklichen organischen Substanz angedeutet war, so wurde etwas von dem Pulver mit reinem Alkohol warm ausgezogen und die Flüssigkeit verdunstet. Es blieb eine farblose, weiche, anscheinend krystallinische Masse zurück, die einen schwachen, unbestimmt aromatischen Geruch hatte. In Alkohol war sie wieder löslich, daraus durch Wasser milchig fällbar, aus Aether krystallisirte sie, an der Luft erhitzt verflüchtigte sie sich in weissen, schwach aromatisch riechenden Dämpfen, in einer engen Glasröhre erhitzt, schmolz sie sehr leicht und zersetzte sich bei höherer Temperatur unter Abscheidung von *schwarzer Kohle*. Auch noch ein anderer, zu Bokkefeld am Cap am 13. October 1838 gefallener Meteorstein enthielt neben $1\frac{2}{3}$ % amorpher Kohle $\frac{1}{4}$ % organische Substanz. Es war also ganz entschieden hier eine Kohlenwasserstoffverbindung vorhanden, wie wir sie auf der Erde als Ozokerit, Idrialit, Scheererit, Bergwachs u. a. haben. Daraus würde man nach irdischen Erfahrungen und Ansichten schliessen, dass auf jenem Weltkörper auch Organismen von der Natur der Pflanzen der Erde vorhanden gewesen sein müssten, und dass diese die letzten Ursachen der vielen entsauerstofften Verbin-

dungen waren, die wir in den Meteoriten finden. Natürlich würden die Pflanzen auch die Gegenwart von freiem Sauerstoff bedingen, was kein absolutes Hinderniss gegen die Reductionsprodukte ist, da die Pflanzen selbst freien Sauerstoff verlangen, um wieder in Kohlensäure überzugehen, ohne welche Bedingung eine ununterbrochene Reihe von Pflanzenwelten nicht denkbar ist. Damit aber das Wasser als solches wirken könne, muss es flüssig sein, und dies erfordert, dass der fragliche Weltkörper eine gewisse Grösse habe, um von der Sonne erwärmt werden zu können. Kleine, einzeln fahrende Meteoriten müssen trotz aller Sonnenstrahlen die Temperatur des Weltraums annehmen, indem sie, wie die Spitzen der Alpen, zu unbedeutend sind, um allein durch Insolation erwarmen zu können. Erst mit der Ausdehnung des Weltkörpers nimmt die Wärmeentwicklung so weit zu, dass dadurch eine warme Atmosphäre erzeugt werden kann. Es unterstützt dieser Umstand die Ansicht, dass die Meteoriten nicht einzeln ihre Form angenommen haben können, sondern dass sie während ihrer Bildung einem grösseren Weltkörper angehörten, auf welchem ähnliche Vorgänge, wie auf der Erde, statt fanden.

Man kommt so von selbst zu einer Reihe unbescheidener Fragen, zu deren Beantwortung uns alle Mittel fehlen. Was ist aus dem Wasser des Weltkörpers geworden? Ist Wasser in dem dünnen Weltraumäther aufgelöst, oder ist es bei der Kälte des Weltraums ganz um die Mittelpunkte der Anziehung versammelt?

Wenn man mit einiger Wahrscheinlichkeit den Schluss ziehen kann, dass die Meteoriten Theile eines früheren Weltkörpers seien, so hätte man hier den Anfang eines Beweises, dass das Sonnensystem als Form des Bestehens einen Anfang und ein Ende habe, denn was dem einen Körper geschehen konnte, dürfte auch andern geschehen können. Allein hier ist der Rest Schweigen. Unsere Erfahrungen sind zu beschränkt und unsere Ansichten zu sehr von dem einen uns zugänglichen Weltkörper entnommen, als dass wir sie auf andere übertragen dürften.

Als besondere Vorkommnisse, welche die Bildung der Meteoriten auf nassem Wege bestätigen, mögen noch folgende dienen.

Quarz wurde von Gustav Rose (Pogg. 113,184) in dem Meteoreisen von Xiquipilco auf das allerbestimmteste durch Winkelmessungen erkannt. Es war ein allerdings nur $\frac{1}{3}$ Linie grosses Hexagondodecaeder, aber so deutlich ausgebildet, dass die Winkel gemessen werden konnten. Er schmolz auch vor dem Löthrohr mit kohlensaurem Natron zu einem klaren Glase zusammen, und war also krystallisirter Quarz von dem hohen spec. Gewichte, und dessen Bedeutung uns bekannt ist. Es ist das einzige bis jetzt constatirte Vorkommen, aber darum nicht weniger sicher, da Prof. G. Rose den Krystall selbst aus den Meteoreisen herauslöste.

In dem Meteorit von Orgueil fand Descloiseaux (Compl. rendu 59,829; Pogg. 124,191) ein Bittererde-Eisencarbonat, und er bemerkt

selbst dazu, dass das Vorkommen unveränderter Krystalle eines Carbonats in einem Meteorstein ein neuer Beweis sei, dass dieser Stein niemals einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt war.

Bei der Analyse des Meteorits von Blansko bemerkt Berzelius (Pogg. 33,10), dass das Steinpulver durch concentrirte Salzsäure nur eine theilweise Gelatinirung gegeben habe, eine Beobachtung, die von allen spätern Analytikern bestätigt wurde. Dies ist einer der schlagendsten Beweise gegen eine vorläufige Schmelzung, weil dann immer das Ganze oder gar Nichts gelatinirt, da nach dem Schmelzen keine getrennte Silicate mehr bestehen können.

Der in Säuren lösliche Bestandtheil des Steines von Blansko hatte fast ganz gleiche Mengen Sauerstoff in Kieselerde und Basen, und da diese Bittererde und Eisenoxydul waren, so stimmt dies mit dem Halbsilicat des Olivins. Bei der Pallas'schen Eisenmasse war der Sauerstoffgehalt ganz gleich und auch die Form des Olivins ausgesprochen (Pogg. 33,134); der in Säuren unlösliche Antheil hatte bei Blansko in der Kieselerde doppelt so viel Sauerstoff als in den Basen Bittererde und Eisenoxydul (l. c. S. 20) und stimmt in sofern mit dem Monosilicat des irdischen Augits.

Das Vorkommen von organischen Kohlenwasserstoffgebilden ist bereits besprochen und ergänzt die Beweise der nassen Bildung.

Bis jetzt haben die Meteoriten uns noch kein neues, auf der Erde nicht befindliches Element gebracht, und dies ist auch ganz einleuchtend, da Meteorsteine schon seit undenklichen Zeiten gefallen sind, wo denn ihre Bestandtheile durch Verwitterung in die Erde aufgenommen wurden, und nachher nicht mehr als meteorische zu erkennen waren. Die vorgefundenen Elemente sind Fe, Ni, Co, Cr, Mn, Sn, Cu, Ca, Mg, Al, Si, Ti, Na, K, C, As, P, S, Cl, Li, Ru, H und an Verbindungen und Formen nickelhaltiges Eisen, Graphit, Schwefel, Magnetkies, Phosphor-Nickeleisen, der Erde fremd, Chromeisen, Olivin, Augit, Labrador, Anorthit, Oligoklas (?), Glimmer (?), Apatit, verschiedene Salze. Unter diesen Bestandtheilen ist das Phosphor-Nickel-Eisen oder der Schreibersit, wenn er überhaupt feststeht, den Meteoriten eigenthümlich, und ein Beweis von der grossen reducirenden Kraft, die auf jenen Weltkörpern statt gefunden haben müssten. Auf der Erde kennen wir kein natürliches Phosphormetall, also keinen Vorgang, welcher Phosphorsäure zu reduciren im Stande wäre.

Der ganze Anblick eines Meteoriten spricht gegen eine Schmelzung. Auf der Bruch- oder Schliffläche erkennt man ein verwirrtes Gemenge verschiedenartiger Dinge. Man sieht helle und dunkle Gesteine im krausen Durcheinander mit gelben, röthlichen und weisslichen Metallpartikeln, grössere und kleinere Körperchen in einander gehüllt und alles zusammen zu einem breccienartigen Klumpen verkittet. Es gibt keinen Eisenmeteoriten, der nicht fremde steinige Körper eingelagert enthielte, wenn auch in geringerer Menge. Die Ungleichartigkeit der

Gebilde schliesst jeden Schmelzfluss aus. Niemals kann sich aus einem solchen Olivin und Augit neben einander ausscheiden und es muss diesen Mineralien derselbe Ursprung, wie auf unserer Erde zugeschrieben werden.

Nach Herrn v. Reichenbach's Beobachtung liegt in den Meteoriten das Eisen gegen die Silicate in der Art, dass sich das Eisen den Silicaten anbequemt, oder wie es sich ausdrückt, immer umschliesset das Eisen den Stein, und niemals der Stein das Eisen, und er nimmt demgemäss an, dass das Eisen sich später gebildet habe. Nach der oben (S. 205) entwickelten Ansicht über die Einschlüsse dürfte, bei vollkommener Anerkennung der Beobachtung, der Schluss nicht durchzuführen sein. Wenn das Eisen nur wenige Procente dem Gewicht nach, also noch viel weniger dem Volum nach beträgt, so kann man sich nicht vorstellen, wie das Eisen den Stein umschliessen könne; auch ist nicht zu begreifen, wie der Stein bei seiner Bildung so seltsame Hohlräume sollte erhalten haben, als hernach das Eisen ausfüllt, eben so nicht, wie das Eisen in diese abgeschnittenen Hohlräume gelangt sei, und warum man nicht auch solche Hohlräume ohne Eisenausfüllung fände. Wenn das Ganze eine Bildung auf nassem Wege ist, so erfordert die gleichmässige Durchmengung beider Stoffe, dass sie sich, wie beim Granit, gleichzeitig gebildet haben.

Endlich spricht auch für die Bildung des Eisens auf nassem Wege die Zusammensetzung und das Gefüge desselben. Wenn Graphit in einem Meteorit vorkommt, so ist er immer isolirt vom Eisen, und niemals enthält die Eisenmasse gebundenen Kohlenstoff, der sich bei der Auflösung in Salzsäure als Kohlenwasserstoff entwickelte. Wenn das Eisen geschmolzen war, so musste es nothwendig den Graphit aufnehmen, und dann trat nachher die eben erwähnte Erscheinung beim Auflösen in Säuren ein. Der Umstand, dass Graphit neben dem Eisen liegt, dass letzteres aber keine Spur von Kohle enthält, beweist am schlagendsten für eine andere Entstehungsart als bei dem irdischen Gusseisen. Wenn sich bei unsern Hüttenoperationen auch noch viel Graphit ausscheidet, so bleibt das Eisen immer noch stark kohlenhaltig.

Der Mangel an gebundenem Kohlenstoff im Meteoreisen ist übrigens auch leicht zu begreifen. Wenn sich das Eisen durch einen reducirenden Vorgang, mit Hülfe von organischen Kohlenverbindungen auf dem vorausgesetzten Weltkörper ausgeschieden hat, so konnte dieser Reductionsprocess nicht bis zur Zersetzung der Kohlensäure gehen, indem er nicht ohne eine Bildung von Kohlensäure geschehen konnte. Zersetzung und Bildung von Kohlensäure in demselben Vorgang ist undenkbar. Auch kennen wir keinen Körper, der als Lösungsmittel für reinen Kohlenstoff angesehen werden könnte, was doch nothwendig wäre, wenn sich Eisen ohne Schmelzung mit Kohlenstoff verbinden sollte. Demnach dürfte die schärfste Probe für die Erkennung meteorischen Eisens die sein, dass man das von seiner Lösung in Säuren entwickelte Wasser-

stoffgas durch glühende sauerstoffreiche Körper (CuO; Fe_2O_3) gehen liesse, und beobachtete, ob das Gas noch nachher Barytwasser trübte. Kein irdisches Eisen, selbst das weichste Stabeisen wird diese Probe aushalten. Ferner enthält das meteorische Eisen niemals gebundenes Silicium, wie irdisches Roheisen, was in gleicher Weise erklärt wird, wie der Mangel an Kohlenstoff.

Die eigenthümliche Krystallisation, welche durch die Entstehung der Widtmanstätten'schen Figuren sich kundgibt, ist niemals, auch nur spurweise bei irdischem, schmelzflüssig gewesenem Guss- oder Stabeisen bemerkt worden.

Ein Geologe unter den Dichtern.

Die klare Anschauung von dem ewigen Bildungsgang der Erde, welche wir bei den meisten Geologen vergeblich suchen, finden wir bei dem Dichter Friedrich Rückert († 31. Jan. 1866) „Ihm hat es die Muse gegeben."

„Ihm geben die Götter das reine Gemüth,
Wo die Welt sich, die ewige, spiegelt;
Er hat Alles gesehn, was auf Erden geschicht,
Und was uns die Zukunft versiegelt.
Er sass in der Götter urältestem Rath,
Und behorchte der Dinge geheimste Saat."

In die ernste Betrachtung der Erde lassen wir eine Blume der Dichtung hineinfallen.

Doch hören wir Friedrich Rückert selbst in seinem herrlichen Gedichte „Chidher"

Chidher, der ewig junge, sprach:
Ich fuhr an einer Stadt vorbei;
Ein Mann im Garten Früchte brach;
Ich fragte: seit wann die Stadt hier sei?
Er sprach und pflückte die Früchte fort:
Die Stadt steht ewig an diesem Ort
Und wird so stehen ewig fort.

Und aber nach fünfhundert Jahren
Kam ich desselbigen Weges gefahren.

Da fand ich keine Spur von der Stadt;
Ein einsamer Schäfer blies die Schalmei,
Die Heerde weidete Laub und Blatt;
Ich fragte: wie lang ist die Stadt vorbei?
Er sprach und blies auf dem Rohre fort:
Das Eine wächst, wenn das Andre dorrt;
Das ist mein ewiger Weideort.

Und aber nach fünfhundert Jahren
Kam ich desselbigen Wegs gefahren.

Da fand ich ein Meer, das Wellen schlug,
Ein Schiffer warf die Netze frei;
Und als er ruhte vom schweren Zug,
Fragt' ich, seit wann das Meer hier sei?
Er sprach und lachte meinem Wort:
So lang als schäumen die Wellen dort,
Fischt man und fischt man in diesem Port.

Und aber nach fünfhundert Jahren
Kam ich desselbigen Wegs gefahren.

Da fand ich einen waldigen Raum
Und einen Mann in der Siedelei,
Er fällte mit der Axt den Baum;
Ich fragte, wie alt der Wald hier sei?
Er sprach: Der Wald ist ein ewiger Hort,
Schon ewig wohn' ich an diesem Ort
Und ewig wachsen die Bäume hier fort.

Und aber nach fünfhundert Jahren
Kam ich desselbigen Wegs gefahren.

Da fand ich eine Stadt, und laut
Erschallte der Markt vom Volksgeschrei;
Ich fragte: Seit wann ist die Stadt erbaut?
Wohin ist Wald und Meer und Schalmei?
Sie schrieen und hörten nicht mein Wort:
So ging es ewig an diesem Ort
Und wird so gehen ewig fort.

Und aber nach fünfhundert Jahren
Will ich desselbigen Weges fahren.

Die ganze Geologie ist nur ein Commentar zu dieser wundervollen Anschauung des Dichters.

Rückblick und Schluss.

Wenn man eine Wirkung auf ihre Ursache zurückführt, so findet man, dass diese Ursache wieder die Wirkung einer früheren Ursache war und so in unendlicher Reihe fort, ohne dass man zu einem Ziele

gelange. Es stellt sich hier dem Geiste die Unendlichkeit des Daseins dar, vorwärts und rückwärts, denn auch keine jetzige Ursache kann verschwinden, ohne eine Wirkung zu erzeugen, die selbst wieder der Anfang einer unendlichen Reihe von Wirkungen ist. Die Welt allein ist das einzige Unendliche. Zeit und Raum sind Denkformen, die im Geiste des Menschen entstanden sind. Der Begriff von Raum entstand aus der Aneinanderfügung der verschiedenen Formen der Raumerfüllung, in denen die Aussenwelt dem einzelnen Menschen erscheint; die Eindrücke unterschied er und mass sie nach Zoll, Meilen, Sonnen- und Siriusfernen. Den Begriff von Zeit bildete er durch Aneinanderfügung der verschiedenen Formen der Raumveränderung, Bewegung, in denen die Aussenwelt auf den Menschen wirkt; er unterschied Sekunde, Tag, Jahr, Aeonen. Ausser uns ist aber die Unterscheidung in Raumerfüllung und Raumveränderung nicht vorhanden, denn Alles ist in beständiger Umgestaltung; jedes Seiende ist erfüllend und verändernd zugleich, nirgends ist Stillstand, dass eine Raumerfüllung festgehalten und gemessen werden könnte, oder eine Veränderung ohne Raumerfüllung möglich wäre. Nur die Mängel unserer Sinne verleiten uns ein Bleibendes anzunehmen, indem sie uns die steten Umgestaltungen verhüllen und dadurch den Irrthum erregen, als liessen sich die einzelnen Formen und Bewegungen in Raum und Zeit abgränzen.

In dieser Unendlichkeit ist unsere Erde ein Tropfen, ein Sonnenstäubchen, an dem wir die Veränderungen wahrnehmen und messen.

Wir haben nun im Vorhergehenden die einzelnen Vorgänge untersucht und auf ihre chemische und mechanische Beziehungen zurückgeführt, so dass uns jede einzelne Bildung erklärlich erscheint. Wir dürfen aber nicht aus den Augen lassen, dass bei dieser willkürlichen Abgränzung des Gesichtsfeldes die Erde dennoch im Unendlichen schwebt und fortwährend mit dem Unendlichen in Verbindung steht. Wenn wir zunächst alle Veränderungen, die wir wahrnehmen, auf diejenige Kraft zurückführen, die wir als Licht und Wärme aus der Sonne ausstrahlen sehen, so müssen wir festhalten, dass die Sonne selbst aus der Unendlichkeit ihr Licht und ihre Wärme ableitet, und dass sie selbst wieder an diese Unendlichkeit abgeben muss. Von den aus der Sonne ausstrahlenden Kräften fällt nur ein unendlich kleiner Theil auf die Erde, nämlich so viel, als von einer Kreisfläche von 860 Meilen Halbmesser, auf einer Hohlkugel von 20 Millionen Meilen Halbmesser aufgefangen werden kann. Die andern Planeten fangen wieder einen entsprechenden Theil auf; die ungeheure Menge der Strahlen geht wieder in das Weltall zurück, ohne dass sie verloren geht, denn an einer Stelle muss sie wieder auf eine Sonne fallen und dieser den Ersatz der ausgestrahlten Wärme und des Lichtes geben. In dieser Unendlichkeit schwindelt es dem Geiste, denn er kann das Unendliche nicht fassen; dazu gehören Gränzen, gesonderte Eindrücke. Es kann aber das Unendliche von keinem auch noch so vollkommenen Geiste gefasst werden,

weder eine gerade Linie, noch ein Winkel, noch eine mathematische Reihe, noch das Weltall. Kehren wir also auf unsere Erde zurück, so sehen wir, dass der ewige Fortgang der geologischen Umbildungen vollkommen gesichert ist, nur wissen wir nicht, ob das Ganze als Erde oder Sonnensystem in dieser Form zusammen bleiben werde. Als Form muss es der Wandlung unterworfen sein, allein dazu mögen solche Zeiträume gehören, wie wir sie im Raume als Siriusfernen bezeichnen, und es fehlt uns hier jeder Anhaltepunkt, um nur eine Vermuthung zu äussern.

Die nächste Ursache jeder Veränderung ist eine Kraft und wir haben keine andere Kraftquelle als die Sonne, welche durch Erwärmung, Verdunstung von Wasser, Wegführen desselben über die Länder, Zurückströmen durch das Innere der Erde in Bäche und Flüsse und Zurückkehren ins Meer alle Veränderungen bewirkt, die wir wahrnehmen. Das die Erde durchdringende Wasser ist das allgemeine Lösungsmittel, welches alle Stoffe mit einander in Berührung und Wechselwirkung bringt. Durch das Wasser entstehen chemische Veränderungen, die wir in den krystallinischen Silicaten erkennen; durch langsames Emporheben über die Meeresfläche erscheinen diese als die höchsten Gipfel der Erde. Es ist der Beweis geliefert worden, dass alle Gesteine bis auf die durch örtliches Feuer umgewandelten, dem Wasser ihre Form und Zusammensetzung verdanken. Durch das Wasser verdichten sich die getrennten Kalkschalen der kleinen Seethiere zu dichtem Kalkstein; der Sand wird durch aufgelöste und eingedrungene Bestandtheile zu festem Sandstein; der Flussschlamm durch Lösung und wieder Absetzen von Kieselerde in Thonschiefer und Grauwacke verwandelt; die Detritusbildungen des Festlandes werden durch Wasser ausgezogen und die weggeführten Stoffe an andern Stellen zu Basalt, Granit und andern krystallinischen Gesteinen wieder angesetzt; unter Wasser findet die Vermoderung abgestorbener Pflanzen zu den drei grossen Arten fossilen Brennmaterials statt; Wasser führt die Salze auf die Länder, wo sie durch Hebungen abgeschnitten der Eintrocknung und Steinsalzbildung unterliegen; Wasser umfänget ruhig das All. So wie es der einzige Bilder ist auf der Erde, so ist es auch fast der einzige Zerstörer. Von den Berghängen führen Stürme, Schneestürze, Gletscher und Bäche Stoffe hinab, seien es Felsblöcke, die auf den Eisrücken der Gletscher reiten, oder seien es kleinere Stücke, die als Gerölle, als Grand oder zuletzt als Sand und Schlamm in die Niederungen und das Meer gelangen. Alle Vorgänge, die wir auf der Erde beobachten können, bringen die höheren Theile in die niederen Stellen und es müsste zuletzt eine vollständige Abtragung des Landes statt finden, wenn nicht auch eine ewig wirkende Ursache der Hebung vorhanden wäre. Diese haben wir in der Bildung neuer Felsmassen im Innern der Erde erkannt. Es sind demnach die beiden sich bekämpfenden Wirkungen der Abtragung und Hebung so lange vorhanden, als die Sonne reines Wasser über die ganze Erde ausgiesst, und das Meer

dasselbe mit gelösten Stoffen beladen wieder empfängt. Demnach ist keine Befürchtung vorhanden, dass die Erde jemals in ein Greisenalter treten werde. Die Veränderungen gehen täglich auf derselben vor; nur die Kleinheit derselben und die Unmöglichkeit einen Maassstab des Gewesenen festzuhalten, lässt uns dieselben übersehen, und die Erde als das Symbol des Festen und Unveränderlichen ansehen.

Welches Staunen bemächtigt sich des Geistes, wenn er die Beziehungen der einzelnen Kräfte und Stoffe auf der Erde zusammenfasst, wenn er einen Blick wirft in das innere, glühende, heilige Leben der Natur, worin kein Theil allein, sondern immer in Wechselwirkung mit dem Ganzen und zum Ganzen wirkt und schafft. Betrachten wir hier die Meeresströmungen, die wir als eine Folge der Passatwinde erkannt haben, mit ihren Verrichtungen in der Natur, und wir finden, dass ohne dieselben die Erde eine andere sein würde. Sie führen den Korallen, den unbeweglichen Schalthieren, die sich nicht, wie die Forelle an den engsten, bewegtesten Theil des Baches vor Anker legen können, um jedes treibende Insekt zu erhaschen, ihre Nahrung zu; sie bringen die Wärme des Südens hoch hinauf in den Norden, mildern die sengende Hitze des Tropengürtels und erhöhen die Luftwärme der Polargegenden; sie führen die Eisblöcke der nordischen Alpen in südlichere Gegenden; sie befreien den felsigen Boden der Gestade von den Resten der darauf wachsenden Tange, damit diese immer an derselben Stelle wachsen können; sie vereinigen die abgestorbenen Massen der Seepflanzen an einem Orte und legen sie nutzbar in grossen Schichten auf einander; sie führen den Schlamm der Flüsse Hunderte von Meilen in das offene Meer, wodurch sich die Mündungen der Flüsse um so später versanden; sie vertheilen den freien vom Leben der Pflanzen abstammenden Sauerstoff im ganzen Meere zum Nutzen der athmenden Thiere, und die aus der Vermoderung herkommende Kohlensäure zum Vortheil neuer Pflanzenwelten. So schaffen die Meeresströmungen am sausenden Webstuhl der Zeit, und wirken der Erde lebendiges Kleid.

Wenn ich mir nun die Frage vorlege, welchen Eingang die zum grössten Theil ganz neuen, zum Theil in ähnlicher Form vorgetragenen Lehren finden werden, so täusche ich mich nicht über die Schwierigkeiten, welche das Verdrängen einer eingewurzelten Meinung durch eine neue ungewohnte jedesmal findet; ja es liegt schon die Erfahrung vor, dass die Lehren von Volger und Bischof, obgleich sie nicht widerlegt worden sind, von der grossen Mehrzahl der Lehrer der Geologie nicht angenommen wurden. Das hat seine guten Gründe. In Betreff der chemischen Geologie des Prof. Bischof haben die Plutonisten, gleichsam wie verabredet, die gemeinschaftliche Gewohnheit, dieselbe an irgend einer Stelle mit grosser Emphase zu citiren, und den geistreichen Ansichten des Verfassers jede Anerkennung zu zollen, selbst

zuzugeben, dass die neuen Ansichten„ sehr intressant“ wären, dann aber im Verlaufe das Werk mit keiner Sylbe mehr zu erwähnen, insbesondere sich nicht auf die Besprechung irgend eines von Bischof vorgebrachten Grundes einzulassen. In dieser Art glauben sie sich mit der neuen Lehre „abgefunden“ zu haben, indem sie kundgeben, dass ihnen das Werk, wenigstens dem Titel nach, bekannt sei, und dass das fernere Schweigen darüber keinen andern Grund habe, als dass darin keine Veranlassung vorliege, ihre bisherigen Ansichten zu ändern. Wer möchte wohl nach einer solchen Anerkennung lüstern sein?

Viele sind in der Lage des Doctor Sangrado, welcher zu Gil Blas sagte: „Ich habe ein Buch darüber geschrieben. Willst du, dass ich mein eignes Buch verschreien soll?“ Andere sind seit langer Zeit nicht gewohnt, chemischen und physikalischen Gründen Gehör zu geben; wieder andere sind zu stolz zu bekennen, dass sie ein langes Leben hindurch einem Irrthum gehuldigt hätten. Welche Aufnahme sachliche Gründe bei den Anhängern der Schule finden werden, kann man aus einer Aeusserung Naumann's (Geogn. 2,94) entnehmen. Er spricht sich dahin aus, dass der körnige Kalk theils durch eine Schmelzung, theils durch eine Umkrystallisirung entstanden sei: „was auch gegen eine solche Folgerung vom chemischen Standpunkte eingewendet werden mag.“

Nur wenige Zeilen weiter wiederholt er diesen Trumpf mit den Worten, er würde kein Bedenken tragen den Kalk für eruptiv zu erklären, aller Einreden der Chemie ungeachtet, wenn die geotektonischen Verhältnisse jede andere Erklärung ausschliessen. Solchen Ansichten gegenüber würde es gleichgültig sein, ob 12 oder 1200 Gründe für eine Sache sprächen. Gründe? würden die Gelehrten des Pluto sagen, Gründe? und wenn sie wie Brombeeren wären, mit Gewalt keinen wässrigen Feldspath. Diese Ueberzeugungsstärke kann man nur achten und mit der jenes Landmannes vergleichen, der, als er die erste Locomotive dahin brausen sah, ausrief: Ihr mögt sagen was ihr wollt, es sind doch Pferde drin.

Es ist auch am Ende gleichgültig, ob eine Wahrheit anerkannt werde oder nicht. Sie hat einen innern Werth als solche, und kann durch Anerkennung nichts gewinnen; der Irrthum erlangt nur Bedeutung durch die Zahl seiner Anhänger. Bei alledem gibt es in der Wissenschaft keine Autorität, die auf die Dauer den Thatsachen gegenüber aufrecht gehalten werden könnte. Die Geschichte der Wissenschaft gibt zahlreiche Beispiele davon. Dem Welt-System des Kopernikus gegenüber fielen alle Autoritäten von Ptolemaeus bis auf Tycho. Mit der Entdeckung des Sauerstoffs verschwanden die Namen der berühmtesten Chemiker aus der Wissenschaft; nach den Entdeckungen Fresnel's wurde über Newton's Emanationstheorie zur Tagesordnung übergegangen; Werner's Lehre war schon bei seinen Lebzeiten verlassen, Haüy's erster Grundsatz fiel vor dem Isomorphismus, und das System

Humboldt's und Buch's hielt ihre Urheber gerade nur aus. Jeder Mensch ist das Kind seiner Zeit, und es ficht die Ehre des Einzelnen nicht an, wenn er neuen Entdeckungen und Thatsachen Rechnung trägt. Das Auffinden neuer Aufschlüsse hängt lediglich davon ab, ob der erste Gedanken eines Systems richtig war: alsdann reiht sich jede Beobachtung als eine Stütze an. Jede aus dem System entnommene Erklärung, welche sich den Thatsachen anschliesst, ist eine neue Stütze desselben. Für eine unrichtige Voraussetzung ist jede neue Beobachtung eine Schwierigkeit. Es geht mit dem Entziffern der Natur, wie mit dem Lesen einer unbekannten Zeichenschrift. Hat man erst wenige Buchstaben errathen, und diese überall eingesetzt, wo sie vorkommen, so lesen sich bald ganze Worte und Sätze. Zum Lesen der ganzen Schrift der Erde fehlt allerdings noch viel, aber es gibt keinen andern Weg als durch die Buchstaben und Worte. Ich weiss aus eigner Erfahrung, wie viel Zeit dazu gehört, sich an eine neue Anschauung zu gewöhnen. Auch ich habe die Milch der frommen Denkart und die Orthodoxie des Plutonismus an den Lehrstühlen von Noeggerath, Leonhard und Mitscherlich eingesogen. Die Botschaft hört' ich wohl, allein mir fehlt' der Glaube.

Neue Ideen gebrauchen, wie Bergkrystall und Adular, viel Zeit, um eine bestimmte Gestalt, Durchsichtigkeit und Widerstandsfähigkeit zu erlangen. Man muss sich mit ihnen tragen, bis sie zum Eigenthum werden. Hat man sie eine Zeit lang gehegt, so erscheinen sie unter einem andern Lichte als anfangs. Selbst wenn man einen Gedanken längere Zeit aus dem Gedächtniss hat schwinden lassen, erscheint er bei Wiederaufnahme in einer andern Gestalt, gleichsam als wenn die Zeit allein genügte, ihn zur Reife zu bringen.

Der Streit, welcher durch Meinungen für und gegen schon so lange geführt wird, ist durch die neuen Thatsachen (S. 355) in ein anderes Stadium getreten.

„Eine einzige Thatsache, sagt Frauenstädt*), vermag die Sy-
„steme ganzer Jahrhunderte über den Haufen zu werfen und ganze
„Bibliotheken in Makulatur zu verwandeln. Gegen die Thatsachen hilft
„kein Sträuben und Protestiren."

„Und sollte die Naturforschung, fügt Büchner**) hinzu, eine
„einzige Thatsache auffinden, welche alle unsere bisher für wahr ge-
„haltenen Meinungen auf den Kopf stellen würde, so könnte man doch
„nichts thun, als sich still darein ergeben, und der redliche Denker
„müsste versuchen, seine Gedankenarbeit von vornen anzufangen."

„Wo sich die Wortführer der Praxis, sagt Max Pettenkofer in
„der akademischen Antrittsrede, am 26. Nov. 1864, zu Vorkämpfern für
„Vorurtheile und vorgefasste Meinungen hergeben, oder wo sie gar an-

*) Der Materialismus, Leipzig 1856.
**) Aus Natur und Wissenschaft, S. 88.

„fangen, um den Schein des Rechtes zu bewahren, ungerecht gegen die „Wahrheit zu werden, von da an laden sie Schuld auf ihr Haupt. Die „Gefahr in solche Schuld zu verfallen, liegt nahe, denn jeder Kampf „erzeugt Erbitterung und jede Erbitterung macht ungerecht. Die bessere „Natur in uns bewährt sich aber in der Regel in solchen Fällen. Der „edelste und geistreichste Mensch kann eine ihm neue Wahrheit eine „Zeit lang verkennen und unterschätzen, aber nur der niedrig denkende „und geistlose wird unversöhnt mit ihr bleiben. Mit keiner Macht „auf Erden ist es angenehmer und zugleich ehrenvoller „Frieden zu schliessen, als mit der Wahrheit."

Theses.

1) Materies et vis neque oriri, neque extingui possunt; forma rerum tempore orta est et tempore deletur.
2) Non datur vacuum; universum aëre diluto repletum; non est aether neque lucis neque caloris; materies ipsa sufficit ad motus propagandos.
3) Nonnisi materia ponderabili interposita attractio agere potest.
4) Universum nonnisi infinitum existere potest.
5) Acidum silicicum ex solutione aquosa in statum crystallinum conflatum induratum et condensatum est; in statum hydraticum opalinum abiens minoris est densitatis.
6) Acidum silicicum fusione in statum amorphum mutatum temporis lapsu qualitates amissas recuperare nequit.
7) Mica cohaesionis forma, non minerale est; structuram lamellarem pressioni forti inter oriendum debet.
8) Saxa terrae nonnisi secundum originem bene distribui possunt.
9) Terrae solidae praecipuum est: Silica et Alumina; maris: Hydrogenium chemice junctum; aëris: Oxygenium liberum.
10) Omnes crystalli siliciferae, scil. Spathum agreste, Pyroxenum, Amphibolus, Granatum, ceterae, via humida ortae sunt.
11) Saxa ex detritu deposita superne crescunt, crystallis orta inferne.
12) Mineralia calore mutanda calore orta esse nequeunt.
13) Meatus in saxis nonnisi via humida repleti sunt.
14) In basalto ferrum carbonicum eodem tempore, quo crystalli siliciferae, ortum est, nec a decompositione Augitae pendet.
15) Basaltum scissionem columnarum Spatho ferroso in ferrum magneticum mutato, et inde volumini amisso debet.
16) Trachytes ex Basalto aut Dolerito jactura ferri carbonici et mag-

netici et Calcariae carbonicae ortum est; poros minutas debet materiis amissis.

17) Saxa crystallis concreta ipsa concretione sublevantur; cacumina prius orta sunt quam bases.

18) Aqua in saxis crystallinis, exceptis zeolithicis, contenta chemice juncta non est, sed poris minutissimis inclusa.

19) Acidum silicicum et carbonicum singula sese expellere possunt, si singula majore mole adsunt, et decompositionis producta avehuntur; ex spathi agrestis dissolutione oritur Kaolinum, ex Basaltis, schistis aluminosis oritur terra fictilis sive Argilla.

20) Terrae forma sphaeroïdi compressi non status igniti et fusionis argumentum est, sed aëris corrosione et montium glacialium labore explicatur.

21) Planities terrae formantur, dam tractus longi lenta sublevatione e mari emergunt.

22) Ferrum Oxygenii translator, reliquias plantarum in acidum carbonicum mutandas in aërem reducit.

23) Mare est atmosphaera quaedam omnia continens ad vitam plantarum et animalium necessaria.

24) Sal gemmae ex aqua marina exsiccata ortum.

25) Calcaria carbonica omnis in terra obvia ex Gypso marino originem ducit ope plantarum et animalium.

26) Quidquid Calcariam carbonicam in mari producit est animal; montium calcareorum formatio sempiterna est et adhuc viget.

27) Schistum argillosum ex detritu saxorum omnium originem ducit; saxum arenarium ex meatibus siliciferis montium contritis.

28) Lithanthrax molem suam fucis marinis debet; Nitrogenium animalibus in fucis affixis, truncos arborum casui fortuito.

29) Trunci arborum in saxo arenario sepulti in silicem vertuntur; strata tenuissima fucorum atra et combustibilia supersunt.

30) Materies Lithanthracis ex corporibus plantarum fibrae ligneae expertium conflatur; fibra lignea nonnisi fucis involuta conservatur.

31) Lithanthracis plantae alio loco crescunt, alio submerguntur mari.

32) Lithanthracis strata in Acroceranniis arcticis Spitzbergen reperta aliam originis theoriam, quam ex plantis marinis non admittunt.

33) Aër atmophaericus interno calore terrae, si existeret, contra noctis arcticae intemperiem defendi nequit.

34) Reliquiae animalium marinorum calcareae in Lithanthrace propter longinquam acidi carbonici evolutionem restare nequeunt.

35) Acidi phosphorici circulatio est ex aqua marina per animalium in-

crustationes in saxa calcarea, et inde in terram, montes, solum agreste et per fluvios reditus in mare.

36) Fluorium, satelles acidi phosphorici, ex aqua marina per montes calcareos in terram dissipatur.

37) Jodum in Phosphorito Nassaviensi originis marinae testis.

38) Magnesia omnis ex Chlorido magnesico et Sulphate magnesico aquae marinae derivanda.

39) Sulfur et Sulfuris combinationes in terra ad gypsum marinum referuntur; pyritae, generaliter dicta sulfureta metallica, ex oxydo metallico, sale sulfurico, corporum organicorum labore et aquae adminiculo originem ducunt.

40) Lignitae ex arboribus avulsis in lacubus terrestribus submersis oriundi, nunquam in Lithanthracem vertuntur.

41) Turfa ex muscis frondosis in aqua stagnante concrescit.

42) Turfa a Lithanthrace differt porositate, aquae majore mole, forma et stratificatione, Nitrogenii defectu et quod fusibilis non est.

43) Turfae particulae igne fusibiles post oxydationem fibrae ligneae concretae sunt.

44) Calor terrae internus primum debetur labori terrae, dein labori solis; omnis motus per resistentiam impeditus in calorem vertitur.

45) Non datur certus ordo inter mineras crystallinas.

46) Theoria plutonica caloris plethora laborat, quippe quae calorem ex labore terrae ortum nunquam ad calculum retulit.

47) Vaporibus aquae terra sublevari nullo modo potest.

48) Caloris theoria mechanica in explicando terrae calore maximum adminiculum.

49) Terrae motus spatium vacuum requirunt; lapsis molibus, non aquae vaporibus efficiuntur.

50) Unda marina post terrae motum primum subsidens, dein sublevata et in terram irrumpens soli marini depressionem et sublevationem indicat.

51) Non existunt Crateres sublevati tantum.

52) Fontes calidi, Geyseri in insula Thule, terrae motus et montes ignivomi ad eundem fontem, calorem solarem, referuntur.

53) Nulla sublevatio terrae sine demersione aquumvalente.

54) Vulcani omnibus temporibus et hodiernis novi orti sunt; omnes temporis lapsu in extinctorum numerum abeunt.

55) Vapores intensi cum caminis latis Vesuvii et Aetnae existere non possunt.

56) Voces lava, scoria, pumex, obsidianus, lapilli, tuffa formam non materiem significant.

57) Lava non est nisi silicifera; omnis lava, torrens igneus e monte ignivomo sese devolvens, ex saxis via humida concretis materiem ducit.

58) Crystalli in lava repertae non inter refrigerationem ortae, sed antea in saxis contentae fuerunt; solummodo igne intactae manserunt.

59) Saxa silicea semel fusa ulteriore ignitione ponderis specifici nullam jacturam faciunt.

60) Crystalli siliciferae lavis contentae ponderis specifici jam aliquid amiserunt.

61) Structura lamellaris statum ab igne intactum indicat; lavae, scoriae nunquam in terram fictilem vel Kaolinum vertuntur.

62) Acidum silicicum liberum, nisi in molibus magnis Quarzi, in lavis penitus liquatis adesse nequit.

63) Saxa, quae continent Oxydum ferri magneticum acidis dilutis solubilem, fusi nunquam sunt.

64) Ponderis specifici jactura per fusionem optimum argumentum status virginei in saxis siliciferis.

65) Aqua in canalibus minutissimus inclusa, Carbonas ferreus vel calcareus ignitionis praesumtionem in saxis refellunt.

66) Tempus in geologia desiit esse discrimen.

67) Omnes in terra formationes saxorum omni tempore simul exstiterunt et adhuc vigent.

68) Periodi geologicae et systemata geognostica praestigium ex thesi 66.

69) Nullo tempore in terra tota coeli natura eadem fuit, neque animalium neque plantarum indoles.

70) Luctatio de materia in regno minerali sicut in regnis organicis viget.

71) Vires in universo adhuc obviae sufficiunt ad explicanda phaenomena naturalia.

72) Diffusio liquidorum in producendis saxis crystallinis primum locum tenet.

73) Palaeontologia de saxorum formatione nil docuit; saepius in errores induxit.

74) Palaeontologia magis pertinet ad Botanicen et Zoologiam, quam ad Geologiam.

75) Non commutetur Neptunismus Werneri cum nostra de saxorum origine opinione.

76) Originis terrae nulla disquisitio; nonnisi rerum vinculum scrutatores naturae attinet.

77) In Vulcanis et lava et saxa ab igne intacta vicinissima occurrunt.

78) Animalium et plantarum exitus non revolutionibus et fluctibus, sed rebus in terra lentissime mutatis explicatur.

79) Scoriae in officinis metallicis obtentae contra opinionem plutonicam arguunt.

80) Granitae, Basaltae, Phonolithi eodem modo orti sunt; discrimen erat in indole liquidi, ex quo materiam sumebant.

81) Apophthegma Ocelli Lucani, ludicre citatum in Vicario de Wakefield: „Ἄναρχον ἄρα καὶ ἀτελεύτητον τὸ πᾶν", universum neque originem neque finem habet, confirmatur geologia.

82) Vasa fictilia summo calore densitatis aliquid amittentia, Spathi agrestis originem humidam demonstrant.

83) Non est neque minerale neque saxum quod dissolutioni in infinitum resistat.

84) Non conceduntur vires hypotheticae nullis argumentis fultae.

85) Hodierni temporis terra geologiam docet praeteriti.

86) Eruptio vulcanica Eifliana submarina erat.

87) In Vulcanis terrestribus pumices in locis vicinis, cineres in longinquis demittuntur; in Vulcanis submarinis pumices natando large dissipantur, cineres humectati in locis vicinis subsidunt.

88) Specierum plantarum et animalium sempiterna mutatio terrae et maris mutatione explicatur.

89) Cosmogenia Kantiana-Laplace indole saxorum siliciferorum experimentis comprobata refellitur.

90) Geognosia sine Geologia vanum somnium.

91) Descriptio lapidum et saxorum ex structura Sisyphi labor.

92) Geologus non aestimatur ex calceis in peregrinationibus detritis.

93) In perspicillo plutonico omnia fervida et rubicunda.

94) Commutatio Lavae cum Trachyta prima mali labes erat in explicandis Vulcanis.

95) Chemia in rebus chemicis explicandis dux et magistra, et neglecta in geologis celeberimis graviter vindicata est.

Nachträge.

Bromgehalt der Steinkohle.

Zu S. 93.

Eine für die Bildung der Steinkohle sehr wichtige Thatsache habe ich noch nach dem Abdruck des betr. Capitels festgestellt: Die magere Steinkohle des Ruhrgebietes enthält Brom. Ich habe dasselbe im Russe der Steinkohlen gefunden, welcher sich in gewöhnlichen Küchenheerden und Ofenröhren absetzt. Zieht man diesen Russ mit heissem Wasser aus, so erhält man, wenn mit Holz angezündet wurde, eine dunkelbraune, reichlich mit Moderstoffen beladene Flüssigkeit. Diese wird zur Trockne eingedampft und der Rest in einem hessischen Tiegel in Steinkohlenfeuer leicht ausgeglüht. Grosse Mengen von Salmiak entweichen, die man bei regelmässiger Sublimation in dicken weissen Krusten gewinnen kann. Die von Eisenoxyd braune Masse gibt mit Wasser ausgezogen eine klare Flüssigkeit, welche mit Schwefelkohlenstoff oder Chloroform und Chlorwasser geschüttelt diesen beiden Körpern eine starke gelbbraune Färbung von Brom gibt. Die Flüssigkeit selbst färbt sich mit Chlorwasser gelb, und wird durch Schütteln mit Schwefelkohlenstoff entfärbt, während sich das Brom in den am Boden liegenden Tropfen sammelt. Ich habe den Versuch 4mal mit anderem Russe angestellt und immer ein gleiches Resultat erhalten. Auf meine Bitte hat auch Herr Prof. Landolt den Versuch mit Russ aus einer Haushaltung, wo niemals chemische Arbeiten vorkommen, angestellt und die Gegenwart des Broms bestätigt. Auch Jod ist in dem Russe vorhanden. Man kann die Jodreaction vor der Bromreaction durch Stärke und etwas Untersalpeter-Säure hervorrufen, wobei eine deutlich blaue Farbe entsteht.

Die Gegenwart des Broms in der Steinkohle spricht entschieden für die Marineabstammung der Steinkohle. Die lockeren Pflanzen sind mit einer bromhaltigen Flüssigkeit, dem Meerwasser, durchdrungen, und

Theile der Bromverbindung bleiben bei der Vermoderung darin stecken. Die Untersuchung des Russes, die noch nicht geschehen war, gibt diese Spuren von Brom in einer bedeutenden Concentration, da grosse Mengen Steinkohlen zur Erzeugung des Russes dienen können. In der Asche kann nur jedesmal die in derselben Steinkohle enthaltene Menge Brom, weniger der durch den Verbrennungsprocess verflüchtigten, erwartet werden. Jede neue Thatsache unterstützt meine Ansicht über die Entstehung der Steinkohle aus Tangen, und legt der Torf- und Lignittheorie neue Hindernisse in den Weg.

Colloidaler Zustand geschmolzener Silicate.

Zu S. 216.

Nach den Versuchen von Deville*) soll die Zusammenziehung des Granits, wenn er aus dem geschmolzenen oder plastischen Zustand in den festen übergeht, mehr als 10 Procent betragen. Hier wird unter dem festen Zustande der krystallinische verstanden. Besitzt nämlich frischer Granit das spec. Gewicht von 2,56 und geschmolzener von 2,3, so ist der spec. Gewichtsverlust 0,26 und entsprechend die Zusammenziehung $\frac{0,26 \,.\, 100}{2,56} = 10$ %. Allein die Voraussetzung ist unrichtig, dass aus geschmolzenem Granit jemals krystallisirter entstanden wäre, und die Zusammenziehung ist keine grössere, als die durch die Abkühlung des weissglühenden Granits auf die gewöhnliche Temperatur, wobei ihm das spec. Gewicht 2,3 unverändert bleibt. Vielmehr kann man aus dem Umstande, dass wenn der geschmolzene Granit in krystallinischen überginge, es eine Contraction von 10 % seines Volums erfahren müsse, mit der grössten Bestimmtheit beweisen, dass ein solcher Uebergang niemals statt gefunden habe; denn darnach müsste ein horizontal ausgebreitetes Granitgebirge auf je 10 Fuss Länge 1 Fuss leere senkrechte Gangspalte, und auf 100 Fuss Länge 10 Fuss Gangspalte besitzen, und es ist gar nicht einzusehen, wie meilenlange Granitzüge zusammenhängend bleiben könnten da sie sich doch nicht wegen ihrer Last nach der Mitte zusammenziehen konnten, ohne abzureissen Diese Contraction beträgt ungleich vielmehr wie beim Basalt, und dennoch ist Granit durchweg weit weniger gespalten als dieser. Es folgt aber aus der Deville'schen Ansicht, dass ein Granitgang, welcher durch Einspritzen von geschmolzenem Granit in eine Spalte von bereits erkaltetem Granit

*) Bulletin de la Société Géolog. 2. Ser. IV., S. 1312.

entstanden sein soll, nach dem Ersteren zu krystallinischem Granit eine Trennungsspalte von $\frac{1}{10}$ der Breite des Granitganges haben müsse, während doch nach aller Erfahrung die Granitgänge ihre Spalten vollständig ausfüllen und zwar mit so inniger Cohäsion, dass man Handstücke schlagen kann, wo der Granit ganz mitten durchgeht. Aber wir brauchen nicht so weit zu gehen: schon geschmolzener Granit, der nicht krystallinisch geworden ist, muss durch die blose Zusammenziehung von der Weissglühhitze einen Spalt im Gange erzeugen, wenn er auch auf dem spec. Gewicht 2,3 stehen bleibt. Es ist also der Granit nicht geschmolzen in den Gang gekommen, weil er immer den Gang vollständig ausfüllt. Ueberhaupt aber ist die Erstarrung eines zähflüssigen Körpers, der ganz allmälig durch alle Grade der Cohäsion durchgeht, und der selbst vor dem Knallgasgebläse nicht dünnflüssig wird, eine Sache der Unmöglichkeit. Man kann alle geschmolzene Silicate zu Fäden ausziehen, aber niemals einen Körper, der durch wirkliches Schmelzen und Erkalken Krystallform annehmen kann, wie Wismuth, Salpeter, Kochsalz, Schwefel, und ähnliche. Jedes geschmolzene Silicat ist ein colloidaler Körper und kann schon aus diesem Grunde niemals Krystallform annehmen, eben so wenig wie Eiweiss, Leim, Kieselgallerte, Pectin. Wenn die Anhänger der Erstarrungstheorie sich einmal die Mühe geben wollten, Schmelzversuche mit Feldspath, Augit, Basalt, Granat anzustellen, so würden sie bald zu derselben Ansicht, wie Mitscherlich gelangen, der einfach sagte: ich habe es aufgegeben, seitdem ich geschmolzenen Feldspath gesehen habe.

So bald die geschmolzene Masse einmal den colloidalen Zustand angenommen hat, so hört von selbst jede Beweglichkeit der Theile auf, denn zum Krystallisiren gehört absolute Beweglichkeit der Theile, wie sie nur in einem dünnen Schmelzfluss, in einer wässrigen Lösung oder im gasförmigen Zustande statt findet. Auch kann hier mit Druck und langer Zeit des Erstarrens nichts bewiesen werden, da beide in den Krateren der Vulkane fehlen, welche schon in den noch flüssigen Laven fertige Krystalle enthalten. Es sind hiermit alle Gründe widerlegt, welche früher, ohne alle Prüfung, zur Annahme der Erstarrungstheorie Veranlassung gegeben hatten.

Mechanische Analyse des Rheinischen Bimssteines.

Zu S. 330.

Der rheinische Bimsstein, welcher von der submarinen Eruption des Laacher Sees und vielleicht einiger anstossender Krater herrührt,

erscheint im günstigsten Falle in faustgrossen Stücken, meistens aber in viel kleineren, welche ein ziemlich gleiches Korn und Farbe haben. Schon auf dem Bruche erkennt man mit freiem Auge und schwachen Lupen mannigfaltige Einmengungen. Um diese etwas deutlicher und in grösserer Menge zu erhalten, wurden nussgrosse Stücke Bimsstein in einem Mörser zu einem groben Pulver gestossen, und dies mit einem Siebe abgeschiedon, bis die ganze Masse durchgegangen war. Nun wurde das grobe Pulver in einem Mörser mit Wasser angemengt und unter leichtem Drucke zermalen. Es sammelte sich bald in der Mitte des Mörsers ein grobes, knirschendes, schwärzliches Pulver an, von welchem sich der leichter zerreibliche Bimsstein abschlämmen liess. Dieses wurde in einem Glase absetzen gelassen, das Wasser abgegossen und getrocknet.

Aus diesem groben Pulver wurden durch einen kräftigen Magnetstab Splitter von Magneteisen ausgezogen, welche sich wie ein Bart an den Magnet anhingen.

Sodann konnten mit der Lupe deutliche Nadeln von Hornblende oder Augiten erkannt und mit der Pincette herausgelassen werden; ferner erkannte man darin Bruchstücke von Feldspath und Schülfer von Thonschiefer und Quarz mit einiger Wahrscheinlichkeit. Das specifische Gewicht des abgeschlämmten Bimssteines war 2,16, dagegen das grobe Pulver, nach Aussonderung des Magneteisens, zeigte 2,513.

Offenbar war der Antheil mit dem geringen spec. Gewicht geschmolzen. und der mit dem hohen nicht.

Es geht daraus hervor, dass dieser Bimsstein eine rasche vorübergehende Schmelzung erlitten hat, so dass während dieser Zeit nicht einmal aller Feldspath Augit, und dann auch nicht die Magneteisenstückchen eingeschmolzen wurden. Das Pulver ist sehr hell mit einem leichten Stiche ins Gelbliche gefärbt, brennt sich aber im Platintiegel etwas roth, ein Beweis, dass der ganze Stein noch nachher eine eisenhaltige Infiltration erlitten hat. Die Schlämmung des Bimssteins ist in der rheinischen Gegend von der Natur im grossartigen Maassstabe ausgeführt. ein schwarzer vulkanischer Sand findet sich vielfach hier, so wie auch in der Auvergne, aus dem man mit einen Magnetstabe ganze Bärte von Magneteisen ausziehen kann. Die Unschmelzbarkeit desselben, so wie auch die des Titaneisens, hat diese Stoffe im vulkanischen Feuer gegen den Angriff der Kieselerde geschützt.



Register

Druck der Hofbuchdruckerei (H. A. Pierer) in Altenburg.

Corrigenda.

S. 11 Z. 22 v. o. statt dass setze der.
S. 14 Z. 13 u 16 v. o. statt Lenzit setze Leucit.
S. 62 Z. 19 v. o. statt Rese setze Rose. Z. 12 v. u. statt zu setze so.
S. 67 Z. 3 v. u statt den setze das.
S. 163 Z. 22 v. o. statt Brognïart setze Brongnïart.
S. 187 Z. 24 v. o. statt vor setze von.
S. 275 Z. 13 v. o. statt wieder setze weiter.
S. 291 Z. 4 v. o. statt drückten setze druckten.
S. 307 Z. 15 v. u. statt Parisch setze Parish.
S. 419 Z. 12 v. o. statt welche setze welchen.

Von der 220 – [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

